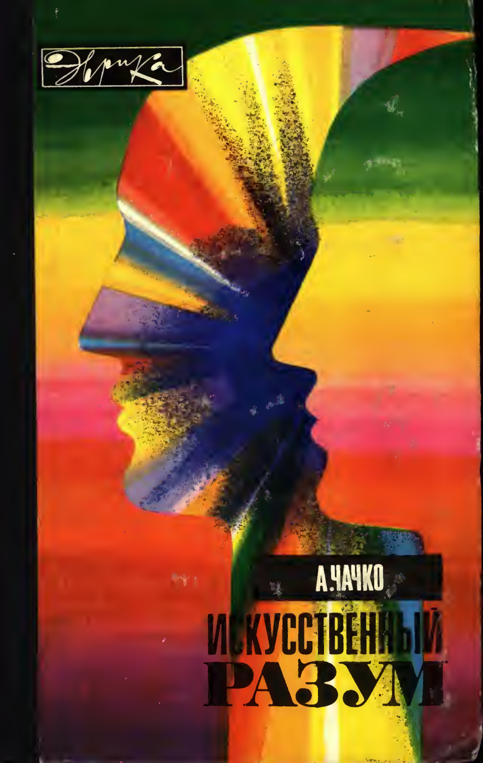

Эврика
А. ЧАЧКО
ИСКУССТВЕННЫЙ
РАЗУМ

МОСКВА
«МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ»
1978

32.816
Ч—28

Ч $\frac{70302-185}{078(02)-78}$ 051—78

ВВЕДЕНИЕ

В этой книге рассказывается об искусственном интеллекте, научном направлении, появившемся в последние десятилетия и тесно связанном с электронными вычислительными машинами.

Научно-техническая революция отводит человеку новое место и новую роль в производственном процессе. Он все больше освобождается от подчинения технике, выходит из технологического цикла, сосредоточивая свои усилия на управлении системами сложных машин.

Современное производство характеризуется уменьшением доли физического труда и увеличением умственного. В настоящее время около 36 миллионов человек в нашей стране заняты преимущественно трудом умственным, да и многие профессии, где физический труд играет значительную роль, все более насыщаются творческим содержанием.

Научно-технический прогресс не ограничивается, однако, освобождением человека от тяжелого мускульного труда. Умственный труд, как и труд физический, должен быть автоматизирован — таково объективное требование времени. Дело в том, что трудовые ресурсы страны ограничены, а в 80-е годы проблема эта станет особенно острой... «Нам надо будет, — говорил Л. И. Брежнев на XXV съезде КПСС, — полагаться не на привлечение дополнительной рабочей силы, а только на повышение производительности труда».

Производительность умственного труда, его эффективность может быть повышена с помощью ЭВМ. Но для этого необходимо поднять интеллектуальный уровень машины, научить ее пониманию событий, происходящих во внешнем мире, умению действовать целенаправленно и выбирать правильные решения.

Нужно, чтобы между человеком и компьютером установилось достаточное взаимопонимание, значит, машина должна овладеть естественным человеческим языком. Иными словами, ученые должны создать искусственный интеллект.

Он, этот искусственный интеллект, обязан удовлетворять требованиям не только эффективности, но и качества. Партия, провозглашая десятую пятилетку пятилеткой эффективности и качества, широко трактует в своих решениях понятие «качество». Речь идет как о ка-

честве продукции, так и о качестве проектов, планов, прогнозов, диагнозов, обучения, управления, организации людей и техники в производственные комплексы, то есть о качестве наиболее трудных решений. И чем ближе эти решения к наилучшим (оптимальным), тем весомее оказывается вклад искусственного интеллекта в дела страны.

За два десятилетия развития искусственного интеллекта достигнуты большие успехи. Машину удалось научить решать проблемы, которые всегда считались исключительно человеческими. И можно рассчитывать на дальнейший быстрый прогресс искусственного интеллекта.

Не приведет ли такая нарастающая автоматизация умственного труда к исключению людей из сферы производства?

Ответ на этот вопрос глубоко диалектичен. По мере развития искусственного интеллекта человек будет подниматься на все новые и новые ступени свободы по отношению к средствам труда и силам природы. Он станет освобождаться от рутинных мыслительных операций, чтобы выполнять подлинно творческую работу. Граница между рутинным и творческим будет непрерывно сдвигаться: то, что вчера считалось творческим, обратится завтра в рутинное и станет доступным искусственному интеллекту. А человек перейдет к неизведанным творческим задачам, к творчеству более высокого уровня.

К. Маркс прозорливо назвал науку «духовным производством». Если в сферу производства включить и духовное производство, то человек всегда останется центром этой расширяющейся сферы.

Исследователи искусственного интеллекта ведут, казалось бы, чисто теоретическую работу. Но каждая их удача расширяет интеллектуальные возможности ЭВМ и немедленно обогащает практику. Вот почему в «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» задача совершенствования и эффективного применения электронной вычислительной техники названа среди важнейших, «открывающих принципиально новые пути и возможности для преобразования производительных сил страны, создания техники и технологии будущего».

Попытки создания практического искусственного ин-

теллекта — один из самых дерзких замыслов человечества. Огороженные частоколом математических формул, технических деталей, профессиональных недомолвок, эти попытки являются достоянием узкого круга специалистов. Остальным людям достаются мифы о думающих машинах — всевидящих и всезнающих.

Подобные мифы — стопроцентная ложь, ибо машины видят (распознают образы) с трудом, а знают далеко не все, как далеко не всегда в силах распорядиться своими знаниями. Довольно мы слышали легковесных восклицаний о вычислительных машинах как о гигантских мозгах и супермыслителях. Пора внимательно приглядеться к тому, что действительно умеет искусственный интеллект, пора понять, как достигаются его умения.

Мы рассмотрим новую область изнутри, с позиций конструктора искусственного интеллекта, и не станем избегать животрепещущих, спорных, не решенных до конца проблем машинного разума, наоборот, сосредоточим на них все свое внимание.

Как достигли ЭВМ своих реальных умений? Будет ли продолжаться их интеллектуальный рост, или он остановится на определенном рубеже? Ответы на вопросы мы получим от психологов, математиков, лингвистов, кибернетиков, которые изобретают искусственный интеллект, снаряжают его в путь, посылают в реальный мир, в самостоятельную жизнь. Всегда, когда удастся, автор будет уступать слово этим специалистам, чтобы вы, читатели, судили об их работе из первых рук, из первых уст, чтобы вы почувствовали дух молодой науки.

Итак, в путь за искусственным интеллектом! Вот только само словосочетание вызывает сомнения. Оно выглядит громоздко и многозначительно, оно представляет собой метафору, то есть перенос значения.

Подобные переносы — обычное явление в языке. Например, выражение «дверная ручка» тоже метафора, но никому в голову не приходит представить себе это простое орудие равным по возможностям человеческой руке. Каждый твердо знает, что такое дверная ручка; метафора стерлась и окаменела.

Не то искусственный интеллект. Здесь мы встречаемся с метафорой новой, полной противоречивых смыслов и оттенков. Неясно, имеются ли в виду машинные программы, которые не уступают человеку, или гораздо более скромные и определенные вещи. Неясно также, сов-

падает ли «ход мысли» программ с человеческим, или они близки только по результатам. Неясно и многое другое.

Но пройдет время, и все станет на свои места. Определится реальная степень интеллектуальности машин по сравнению с интеллектом людей. Понятие «искусственный интеллект» станет таким же четким, как понятие «дверная ручка».

Сегодня, однако, до четкости далеко. Сегодня в сложном термине «искусственный интеллект» куда ни кинь, всюду сомнения. Здесь, быть может, полезно сокращение: под его прессом отпадут ненужные смысловые оттенки, останется лишь существо дела. Давайте впредь пользоваться словом «Искинт», понимая под Искинтом уровень развития дела.

Книга, которая предлагается вашему вниманию, — повесть об Искинте. Рассказывая о сегодняшнем дне, нельзя упускать из виду дальнюю перспективу, которую очень четко определил академик В. Глушков: «Конечная цель... — создание искусственного интеллекта, не только не уступающего, но и намного превосходящего по своим возможностям естественный человеческий интеллект. Хотя эта цель пока еще достаточно далека, работа по ее достижению уже идет полным ходом. При этом ставятся вполне конкретные практические задачи повышения производительности и уровня интеллектуальности компьютеров для быстрого повышения производительности труда человека на многих участках интеллектуальной деятельности».

ископа-
емые
алго-
ритмы

ИСКОПАЕМЫЕ АЛГОРИТМЫ

Так робок первый интерес.
Б. Пастернак

Способности электронных вычислительных машин известны нам лишь в небольшой степени. Быть может, такое утверждение покажется читателю странным. Раз машина существует, значит, можно ее испытать, выяснить и время разгона, и максимальную скорость, и тормозной путь, и многое другое. Это справедливо для разных машин, но, увы, не для ЭВМ.

Поведение и результаты действия компьютера определяются введенной в него программой; они меняются неузнаваемо вместе со сменой программы. А разнообразие программ для ЭВМ поразительно. Существуют, однако, границы программной многоликости: ЭВМ решает только те проблемы, которые могут быть описаны посредством алгоритмов.

Итак, познать возможности ЭВМ — это познать возможности алгоритмов. Если с помощью алгоритмов удастся описать разумные решения, то Искинт — реальное дело, а если алгоритмы имеют внутренние пороки, то Искинт останется лишь благим пожеланием.

Передо мной небольшая глиняная табличка, найденная при раскопках Древнего Вавилона. На табличке текст: древний писец выдавил эти знаки 3700 лет назад. Касаясь острым стилом сырой глины, писец решал задачу о разделе наследства: вычислял доли каждого из шести сыновей, положенные им по законам божественной династии Хаммурапи. Писец занимался конкретным случаем: и сумма наследства точно обозначена — вот оно, число, представленное в привычной для тогдашних жителей Вавилона шестидесятеричной системе счисления, — и ход расчета указан, и промежуточные результаты выписаны столбиком, и конечный результат обведен рамочкой. Писец решил задачу для одной семьи; по заказу ли мудрого отца семейства, или по желанию нетерпеливых сыновей, но только для этой семьи.

Тогда почему в тексте он не называет отца и сыновей по имени, а говорит о «начальном сокровище», «доле 1-го», «доле 2-го» и «прочих долях»? Отчего рядом с ясными числами приводит туманные для практического

взгляда пояснения: «3 и 5, сумма накопленных денег и процента стоимости земли»? Кому советует: «составь число», «вычти», «прибавь», «не забудь»? Кого предупреждает в конце таблички: «Таков ход дела»?

Похоже, шесть бравых сыновей и их пожилой отец здесь ни при чем. Писец преодолевал не их домашние трудности. Он замахнулся на большее: он объяснял, как решать задачи о разделе наследства вообще, любые задачи, весь класс таких задач.

Отец и сыновья понадобились писцу лишь для примера. В табличке есть явное доказательство этого. Семья, о которой сообщает писец, имеет только сыновей. Тем не менее древний математик требует: «Найди долю дочери», и вычисляет дочернюю часть наследства: «0». Писец велит далее: «Умножь долю дочери на число дочерей», и аккуратно выдавливает «$0 \times 0 = 0$».

Табличка окончена... Писец посылает ее на обжиг, а потом горячую, прямо с пылу с жару, просматривает — нет ли ошибок. Он озабочен лишь ходом дела, порядком решения. И порядок указан четко, детально, без упущений. А числа? Числа не так важны! Он отдает табличку ученику, не заметив ошибки в счете. Ученик берет глиняный алгоритм, указатель хода решения задачи.

Ученики древневавилонской школы, «Дома табличек», уже давно прорабатывают алгоритмы решения разных задач. Они изучали и про плотину, и про урожай пшеницы, и про овец. Теперешнее задание — алгоритм наследства...

Спустя почти 4 тысячи лет, когда мне пришлось учиться математике в школе и вузе, слово «алгоритм» не было модным. Модным было слово «формула». Вывести формулу, выучить формулу наизусть, забыть формулу, перепутать формулу — вот наши любимые занятия.

Сомневаюсь, знал ли я, что такое алгоритм, в середине 50-х годов, оканчивая политехнический институт. Но прошло 2—3 года, и слово это стало изредка появляться в наших инженерских разговорах. Оно никогда не являлось одно — всегда в паре с электронной вычислительной машиной. Алгоритм помещают в ЭВМ, называя его почему-то уже не алгоритмом, а программой, и там, в недрах машины, среди электронных ламп, происходит чудо мгновенного решения задач.

Я помню весенний Киев 1957 года и встречу со сво-

им соучеником Валерием Куликом на бульваре Шевченко. Рассказывая о новой своей работе, он пылко призывал меня:

— Алгоритмировать надо, Алексей!

— Что алгоритмировать?

— Все, буквально все! — сопровождал он широким жестом свое утверждение.

Выходило, что надо алгоритмировать и манизеровский памятник поэту, и университет, и дом, в котором я жил; нужно алгоритмировать и строительство, и производство сахара, и движение облаков в весеннем небе.

— А как это делать? — рискнул спросить я у товарища.

В ответ понеслись непонятные слова: команда, цикл, счетчик, ветвление... Даже знакомое слово — результат — выглядело в этом перечне устрашающе. Не поняв, как алгоритмировать, я решил зайти с другого фланга.

— А зачем все это делать?

Тут мой собеседник взорвался.

— Зачем — спрашиваешь? Чтобы одолеть незнание! ЭВМ считает со скоростью три тысячи сложений в секунду. Три тысячи, понимаешь? Ты и одного сложения не сделаешь, а она уже три тысячи. Все, все, все теперь можно сосчитать: и рост деревьев, и развитие животных, и наилучшие планы для заводов. Кончается работа на глазок, кончается на авось. Все будем теперь считать на машине, понимаешь?

— Вроде понимаю. Только как машина станет считать? Формула ей нужна? Или она сама, без формулы?

— Формулы забудь! Вместо них теперь алгоритмы. Алгоритмировать надо! — категорически заявил друг.

Первую часть его предложения выполнить было легко — большинство школьно-институтских формул я к тому времени прочно не помнил. А вот вторая часть, все эти команды, циклы, ветвления...

Я вернулся домой. Было бы неправдой сказать, что вернулся с твердым желанием научиться алгоритмировать. Скорее я вернулся с полезной тревогой в душе: где-то там рождается новый мир ЭВМ и алгоритмов, а я даже не понимаю, о чем идет речь.

Сегодня, двадцать лет спустя, перед моим мысленным взором проходит череда алгоритмов, с которыми

удалось познакомиться за эти годы. Какой из них выписать здесь, для первого случая? Один строен и изящен, другой стремителен, хотя и мешковат, третий упорен и солиден, четвертый такой модный: кольца, идеалы и чуточка шейпов. Ладно, выбираю вот этот.

«Спинка. Набрать 86 петель, провязать 4 ряда «рябушкой» и затем перейти на чулочную вязку. На 43-м *см* от линии низа закрыть на пройму с обеих сторон по 6 петель, затем с каждой стороны провязать по 2 последние и 2 первые петли вместе и 1 раз — 2 последние вместе. На спицах должно остаться 62 петли — продолжать вязать их до плечевого скоса (17 *см*). Плечевой скос выполнять...»

Нужны ли обоснования моего выбора? Для вас, уважаемые читательницы-женщины, полагаю, нет. А для вас, читатели-мужчины?

Для мужчин, и только для них, мои доводы: сегодня большинство программистов в нашей стране — женщины. На собственном опыте автор убедился, что девушки, которые хорошо вяжут, хорошо программируют. Это повелось изначала: первым в мире программистом была Ада Лавлейс; она была отличным программистом и, говорят, искусной вязальщицей.

А. Лавлейс, дочь великого английского поэта Джорджа Байрона, сотрудничала с кембриджским профессором Чарльзом Бэббеджем, который придумал в 40-х годах прошлого века вычислительную машину. Компьютер Ч. Бэббеджа по идее мало отличался от современных цифровых вычислительных машин, только состоял он из шестеренок и рычагов (до возникновения электроники оставалось еще 80 лет).

Натурально, механический компьютер оказался громоздким; полностью Ч. Бэббеджу так и не удалось его собрать. Скептические современники прозвали всю эту затею «чудачеством Бэббеджа». А. Лавлейс не относилась к скептикам, она была другом профессора Ч. Бэббеджа, болела душой за новое дело, помогала как могла.

А могла эта нервная, изящная, болезненная женщина многое. Она смогла понять величие и грандиозность идеи универсального компьютера. Она написала для «чудачества Бэббеджа» несколько великолепных программ. Она провидела принципы программирования —

единые для любых вычислительных задач. Она открыла, что счетная машина не только счетная и даже не в первую голову счетная; компьютер способен решать нечисловые задачи.

Даже сегодня это «не», поставленное А. Лавлейс перед словом «числовые», даже сейчас это «не» кажется многим людям странным, сомнительным, неприличным.

Все мы так свыклись с названиями — цифровая вычислительная машина, электронная счетная машина. Они то и дело мелькают на страницах книг, журналов, газет. Вычислительная машина! Счетная машина! И перед мысленным взором возникают бухгалтерские счеты, но с электронными костяшками, счеты огромной производительности. Складывать числа, вычитать, умножать, делить, извлекать корни из чисел — одно слово, вычислительная машина, цифромолка, компьютер, числоглот ненасытный.

Если б вправду машина только и была способна перерабатывать числа, мало было б надежды вместить в нее искусственный разум. Ибо не числом единым жив Искинт.

В нашей обыденной жизни мы редко вычисляем. Рано утром по пути на работу я перехожу улицу. Мчатся, спешат встречные потоки автомобилей. И я спешу. Вот тут бы решить точно задачу о безопасном переходе, учесть направление и скорость движения транспорта, время открытия светофора. Ничего подобного я не делаю, а ориентируюсь на глазок, прикидываю без чисел, шагаю смело — и вот я на другой стороне улицы.

Так начинается день, и так он продолжается, и вся наша сознательная жизнь совсем не числовая, вовсе не вычислительная. Мы не по формуле находим, где благородство, а где предательство, не подсчитываем, кто нам враг, а кто друг. Наши решения, наши жизненные выборы чаще всего не количественные, а качественные: «лучше — хуже», «проще — сложнее», «деликатнее — грубее», «уродливее — красивее». Даже математики, эти жрецы меры и числа, нередко плохо умеют считать и часто создают свои тонкие теории, опираясь не на цифры, а на грубые оценки.

«Лишь мысли свет, не скованный числом, осветит тайны и достигнет правды», — утверждал Д. Байрон. Ада Лавлейс первой поняла, что не только людям, но и вычислительным машинам под силу нечисловые задачи.

Работая над своими программами, молодая женщина увидела вдруг в «чудачестве Бэббеджа», в компьютере, мельницу, в которой могут перерабатываться не только наборы цифр — числа, но и наборы любых символов — «слова», на каком бы языке ни были сказаны эти слова.

Чтобы осознать проницательную и необычную мысль А. Лавлейс, мы начнем с шуточной истории. Вспомните игру, которой, скуки ради, занимались гости в одном из рассказов Ильфа и Петрова. Хозяин дома предлагает:

— Ну, давайте грузить корабль. На какую букву? На «м» мы вчера грузили. Давайте сегодня на «л». Каждый говорит по очереди, только без остановок.

Друзья дома принимаются грузить.

— Ламбрекенами! — подхватывает первый гость.

— Лисицами!

— Лилипутами!

— Лобзиками!

— Локомотивами!

— Ликерами!

— Лапуасцами!

— Лихорадками!

— Лоханками!

Постепенно запас слов скудеет, и гости уже грузят корабль люмпен-пролетариями, лезгинками, ладаном... Вычислительная машина, в памяти которой хранится хороший словарь существительных, могла бы присоединиться к словоохотливым гостям.

В свой черед она извлекала бы из памяти свои слова, не уставая, не забывая, не повторяясь и не пропуская ничего. Уж она не стала бы от нехватки более подходящих товаров грузить корабль лихорадками или лезгинками: в компьютерном алгоритме четко оговорено, что подходят только вещи и существа.

Гость-машина вчистую обыграет гостей-людей, последнее слово почти наверняка останется за ней. Кстати, и обмануть машину нелегко: ходы она считает, каждое слово собеседников проверяет.

Может, подсунуть ей несуразную букву? На «л» она сильна, пусть грузит на «ы». Тоже не пройдет. Обнаружив «ь», «ъ», «ы» или «й», цифровая не дрогнет, и отпечатает: «Шутки в сторону. Вы не знаете больше товаров на «л», следовательно, вы проиграли, а я выиграла. Продолжаем грузить корабль. Предлагаю теперь

грузнть иа «п». Я гружу корабль программистами. Следующнй ход ваш, хозяин!»

Итак, цифровая вычнслительиая машииа прекрасно решнла не числовую, а словесную задачу. Она оказалась интеллектуальнее человека, даже не одного, а целой компанни, всех гостей разом.

Вот это да! Похоже, путь к Искинту открыт, и недлинным и прямым выглядит этот путь.

Просто следует усложнять словесные задачи. Вместо «Погрузкн корабля» возьмем студенческую головоломку: сделать нз мухн слона.

Требуется получнть из слова «муха» слово «слои», меняя каждый раз по одной букве, прнчем все промежуточные слова должны тоже быть полноценнымн русскнмн словамн.

Попробуйте сделать нз мухн слона. Это совсем непросто. Решенне головоломкн: *муха* — мура — тура — тара — кара — каре — кафе — кафр — каюр — каюк — крюк — крок — срок — сток — стон — *слон*. Машнна с программой, мало отличающейся от «Погрузки корабля», успешно выведет эту цепочку слов н добавит, что в заданном ей словаре эта цепочка ианкратчайшая. Правда, впечатляет?

Теперь расшнрим круг доступиых машнне «слов». И опять воспользуемся не очень серьезным прнмером. Ну, скажем, однажды к компьютеру обратился некнй молодой человек с просьбой помочь в розысках Спящей красавицы. Машнна охотно согласнлась, только попросила у юношн карту сказочной страны и вызвала для консультацнн вещую птнцу. Вещая птнца много зиала, ио говорила всего два слова — «да» и «нет».

Делать нечего, машнна разделнла территорню сказочного Царства пополам и присвоила половнннкам имена. Одну нз ннх назвала Баклуши, а другую — Балясы. Потом ткнула световым карандашом в Баклушн и спрашивает у вещей птнцы:

— Красавица здесь?

— Нет, — отвечает осведомленная птица.

— Зиачит, оиа в Балясах, — соображает машиια н теряет всякнй нитерес к пустой половине Царства. В фокусе машнnного разума оказалнсь Балясы, для компьютера именно они стали всей страной, н, естественно, машина присваивает нм иовое нмя: были Балясы, а стало Царство.

Как и положено в сказке, полстраны обратились вдруг страной, зато машине ни о чем не нужно думать, она просто повторяет всю цепь своих действий: делит территорию Царства пополам, называет половинки (на самом-то деле они уже четвертинки) Баклушами и Балясами, указывает на новоявленные Баклуши и опять осведомляется у птицы:

— Красавица здесь?

— Нет, — говорит птица.

— Значит, в Балясах, — привычно решает компьютер, столь же привычно присваивает четвертушке страны имя Царство и делит это оскудевшее Царство снова пополам.

Так раз за разом машина дробит страну, отбрасывая части, где нет красавицы, до тех пор, пока вещая птица не скажет «да».

Найденная часть может оказаться и маленькой площадкой, и размером с полстраны — как повезет. Естественно, юноша, вошедший во вкус электронных поисков, вместо того, чтобы обшаривать леса и луга, преодолевать реки и горы, предпочтет усовершенствовать алгоритм.

«Есть же в последних по счету Баклушах единственное место, где расположена пещера с красавицей, — размышляет он. — Только как узнать доподлинно, где оно? Компьютер единственное, что умеет, — это половинить Царство да присваивать половинкам имена. Имена прежние, а площадь все меньше и меньше, глядишь, на остатке едва уместится пещера. Вся страна — пещера. Вот это мне и нужно! Значит, пусть машина сравнивает две площади: площадь пещеры и площадь своих Баклуш».

И спрашивает у вещей птицы:

— Баклуши еще велики?

— Да, — отвечает птица.

Компьютер опять делит их пополам, присваивает имена, спрашивает, снова делит, опять присваивает. И настает решающий миг:

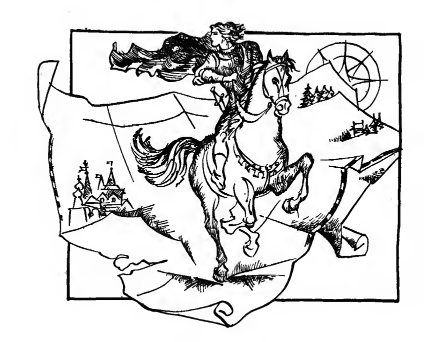
— Красавица здесь?

— Да.

— Баклуши еще велики?

— Нет!

Дело сделано: кусочек сказочной страны, на который машина указала перстом, и есть пещера. Юноше



можно теперь садиться на коия и скакать к иевесте иапрямую.

Машина нашла Спящую красавнцу довольно иеобычиым, на взгляд человека, манером: она использовала иензмениый прнем поиска — делнла Царство пополам да присванвала половннкам имена. Произошло множество прнсваиваний, целая череда переименований. И выходнт, что решение совсем ие словесной, а лнрической задачн состонт в переработке «слов», опять в переработке «слов».

Вычислнтельной машине безразлнчно, прннадлежат ли «слова» русскому языку, языку логикн или представляют собой набор диковннных снмволов. Машиииа справляется с любыми «словамн»: замеияет буквы, разрезает, склеивает, сравиивает, дополияет, присваивает. Машинный счет тоже хоровод «слов»; этн «слова» — числа, а правнла нх переработки — арнфметическне законы. Само собой, машниа превращается в гигантский арифмометр, в цнфромолку, в числоглота неиасытиого.

Машииа обрабатывает любые «слова» по правилам,

диктуемым алгоритмом. В алгоритм мы вольиы включить и лингвистические, и логические, и геометрические, и арифметические, и всякие ииые правила...

Мало-помалу, но и мы подошлн к краю пропасти, в которую загляиула когда-то А. Лавлейс. Ее потрясла способность машины, шестереночиого механизма, обрабатывать самый человеческий, самый интеллектуальиый материал — слова. Людское слово вездесуще — и размышлеиия наедине с самим собой, и дружеские беседы, и учеиая переписка, и пламеииые речи трибуиов, — всюду слово.

И, прииятое в миожество голов,
Оно свое вершит упрямо дело.
Я зиаю, люди состоят из слов,
Которые им виутрь вошли,
и тела.

Аде Лавлейс, полагаю, пришлнсь бы по душе этн строкн поэта Е. Виикурова, они созвучны с ее понимаинем роли слова.

«Машниа обрабатывает любые слова, — размышляла Ада. — Она производит иад инмн любые операцин. Машнна как бы воплощает в себе науку операцнй, в том числе иад вещами, до того не разрешенными головой и руками человека... Но может лн машнна создать что-то подлннио иовое? Пожалуй, нет, ее жребий — строго следовать анализу».

«Аналнзом» А. Лавлейс называла алгоритм. Пора н иам, чнтатель, разобраться в устройстве алгоритма, пора оценнть его возможности.

Понятие «алгорнтм» появилось в среднне века, когда Европа позиакомилась с кингой арабского ученого Мухаммеда беи-Муса аль Хорезми. Кннга нменовалась «Кнтаб аль-Джебр валь-Мукабала», что примерно означает: «Книга об операциях джебр (восстановлення) н кабала (приведення)». Труд Хорезми пронзвел на европейские умы настолько сильное впечатлеиие, что во все иаши языки вошло два новых слова: алгебра (из «аль-Джебр») и алгорнтм (нз «аль-Хорезмн»).

«Алгорнтм» ие очеиь похож на «аль-Хорезмн»: средиевековые толмачи подравняли восточное слово под древнегреческий шаблои; его родственннком незаконно стал «ритм». Впрочем, так ли уж иезаконно? Хорошие алгоритмы, бесспорио, обладают внутреиним ритмом.

Поначалу новорожденный алгоритм означал всего лишь нумерацию, правда, по непривычной для европейцев позиционной системе счисления, той самой, с которой мы так сжились теперь. Потом смысл слова изменился: алгоритмом стали именовать набор правил, по которым следует производить вычисления. Скажем, правила умножения двух чисел в столбик — алгоритм умножения.

Естественно, возникает ехидный вопрос: неужто такой элементарной вещи, как правила умножения в столбик, обязательно присваивать пышный титул алгоритма?

На ехидный вопрос — сокрушительный ответ: умножение сегодня стало элементарной вещью, а в средние века, когда пользовались римскими цифрами, за знание правил перемножения двух трехзначных чисел присваивали степень доктора наук. Хороший алгоритм сделал умножение элементарным и общедоступным. Равно как и извлечение корня из числа, и нахождение наибольшего общего делителя, и...

Нет, вавилонские ученые знали свое дело, когда заполняли тысячи глиняных табличек алгоритмами, когда создавали библиотеки алгоритмов.

У нас тоже стала накапливаться своя библиотека, в ней уже три алгоритма — «Спинка кофточки», «Погрузка корабля» и «Спящая красавица». Пусть не смущает вас, читатель, их несерьезный, потешный характер: потешные солдаты Петра Первого составили потом ядро его гвардии.

Со всем уважением присмотримся к алгоритмам нашей библиотеки. Каждый более всего похож на цепь, звеньями которой являются операции. Почти все операции — прямые команды, они начинаются глаголами в повелительном наклонении: «найти», «взять», «поделить», «вставить», «скопировать», «отбросить», «вязать».

Цепь операций-команд нигде не прерывается; добавляя к ней звено за звеном, мы можем изобразить во всех подробностях ход самой трудоемкой работы.

Весной 1616 года придворные французского короля Людовика XIII собрались на лужайке парка Фонтенебло, чтобы познакомиться с диковинными автоматами. Автомат-мушкетер в плаще и в шляпе с пером невозмутимо шагал по лугу, останавливался, извлекая шпагу из ножен, салютовал ею придворным и четко, даже ще-

гольски отправлял шпагу на место. Автомат-пастушка нежно улыбалась, двигалась плавно и женственно, закатывала глаза и произносила голосом, напоминавшим свирель: «Да здравствует король!» Автомат-утка по понятным причинам не приветствовала короля, зато крякала, переваливалась с боку на бок, входила в пруд и — смотрите! — плыла по глади вод, перебирая перепончатыми лапками.

— Люди и животные сделаны из железа, а ведут себя как живые! — удивлялись придворные.

Вместе с ними удивлялся и бретонский дворянин Рене Декарт, хрупкий юноша, способный не только удивляться, но и тщательно обдумывать удивительные вещи, пристально рассматривать их в естественном свете разума.

«Очаровательные игрушки, — думал Р. Декарт, — изысканные, остроумные создания механиков-часовщиков! В воле мастеров сделать автоматы посложнее, добавить несколько зубчатых колес. Тогда «мушкетер» подружится с «пастушкой», а «утка» станет повторять «Да здравствует любовь!». Нет запрета еще и еще совершенствовать автоматы. Скажем, изобрести автомат, который безошибочно владеет придворным этикетом, шаблонными светскими речами. Этот механический господин стоял бы среди нас и ничем бы от нас не отличался: точно так же улыбался бы, двигался, восхищался королевскими затеями, снисходительно хвалил бы другие автоматы, кровных своих братьев. Скрытая в теле автомата цепь обязательных действий может быть сколь угодно длинной и разматываться сколь угодно долго...»

Так размышлял юноша об алгоритмах работы автоматов вообще, и автомата-придворного, в частности. Сегодня мы полностью согласны с Р. Декартом. Сегодня место громоздких зубчаток заняла микроэлектроника, а алгоритмические цепи содержат сотни тысяч и миллионы звеньев — команд... Но вернемся к размышлениям Р. Декарта.

«Цепь может разматываться сколь угодно долго, и все действия автомата будут выглядеть разумно, словно он обладает душой. Выходит, цепь команд заменяет душу?»

Юноша закусил губу и продолжал смотреть на королевские игрушки. Ему вдруг совсем по-детски захотелось подбежать к «мушкетеру» да потихоньку вытащить

у него шпагу из иожеи. Автомат ие заметит, ие поймет, ие остаиовится, а по-прежиему будет механически извлекать отсутствующее оружие, салютовать иичем. Его поведение потеряет всякий смысл. Если сей воии даже встретит иа своем пути стену, ои ие свериет, а продолжит свой марш напролом. Смешио и иелепо!

«Нелепости вполие можио избежать, — решил внезапио Р. Декарт, — только одио требуется для этого: чтобы автомат проверял самого себя. «Мушкетер», прежде чем обиажать шпагу, должеи бы ответить иа вопрос: «Шпага в иожиах?» Если да, действовать решительио, а если иет, обратиться, положим, к окружающим: вериите, мол, мое оружие. И стена автомату не страшна. Время от времени ои обязаи проверять: «Дорога свободиа?» Если да, не остаиавливаться, а если иет, поискать другого пути».

Итак, серьезиый алгоритм иаряду с повелительиыми предложеииями должеи содержать и предложеиия вопросительиые. Заглянем в иашу библиотечку. Операции-вопросы, хоть их и иемиого, сразу бросаются в глаза: «Даииое слово входит в словарь?», «Красавица здесь?»

Сразу бросается в глаза и особеиность этих вопросов: оии поставлены в такой плоскости, что допускают только два ответа — «да» и «иет». Слово или входит в словарь, или ие входит в иего; красавица или в этой части царства, или ие в этой, а в другой, ие в Баклушах, а в Балясах. И у «мушкетера» шпага либо в иожнах, либо ее мыслеиио извлек оттуда юиый Р. Декарт.

Лет через десять после памятиого осмотра автоматов Р. Декарт иаписал иебольшую работу под иазваиием «Правила для руководства ума». В этих правилах, адресоваииых людям, философ особое виимаиие уделял отчетливому поиимаиию того, что мы действительио хотим отыскать, задавая вопрос, и того, что лишь отдалеиио связаио с вопросом. «Человеческий ум подвержеи двоякого рода заблуждеиию, — говорит Р. Декарт. — Или ои захватывает больше, чем иадо для определеиия какого-либо вопроса, или, наоборот, что-иибудь упускает».

Алгоритм и заблуждеиия несовместимы. Имеиио поэтому в алгоритм пропускаются лишь очеиь строгие и четкие вопросы. Здесь днем с огием ие сыщешь вопросов вроде «Что есть истииа?», «Как быть дальше?» или «Можио ли побороть несправедливость?». Здесь ие ме-

сто ни темным, ни вечным, ни проклятым вопросам. Вопрос здесь прям, ясен и прозрачен. Он требует обязательного и недвусмысленного ответа: «да» или «нет».

Казалось бы, алгоритмист добровольно связал себе руки, выбрав из всего многоцветья возможных ответов только «да» или «нет». Попадется ему мудреная задача, а он, того и гляди, не сумеет придумать соответствующие проверки, поставить правильные вопросы. Теория алгоритмов утверждает: сумеет — этих «да» или «нет» достаточно для решения любой, обратите внимание, любой проблемы.

Многократно и искусно используя «да» или «нет», удается обойти любое препятствие, добраться до любой цели, где бы она ни пряталась. Помните, в поисках Спящей красавицы нам помогла вещая птица? Птица, видимо, знала толк в алгоритмировании — отвечала только «да» и «нет» и была уверена, что этого достаточно.

Алгоритм не простая цепь команд, а цепь с проверками и ветвлениями. Гибкость алгоритмов, их сила, их величие основаны на проверках и ветвлениях. После каждой проверки — два пути, которые могут навсегда разойтись или вновь пересечься спустя несколько шагов. Один путь, бывает, сразу приводит к цели, зато по другому еще шагать и шагать. Один прям как стрела, а другой вроде и не стремится вперед, наоборот, он изгибается, он возвращает нас к уже пройденным операциям, он похож на петлю. Двигаясь по такому пути, мы, кажется, совсем близки к решению, и вдруг — поворачивай оглобли, отправляйся назад, к истокам задачи. Зачем проторен попятный путь здесь, в целеустремленном алгоритме?..

Отдел кадров большого завода... Кадровики обращаются к вычислительной машине: отпечатай список всех наших мужчин в возрасте от 20 до 35 лет, которые не женаты. Машина, хранящая в своей памяти полный перечень рабочих и служащих завода, тотчас берет из него первую фамилию и придирчиво проверяет: мужчина? молодой? холост?

Если результат хотя бы одной проверки отрицательный, машина отвергает претендента; если же на все вопросы следует ответ «да», если претендент проходит по всем кондициям, машина заносит его фамилию в список.

И в любом случае возвращается к началу алгорит-

ма: вновь извлекает очередную фамилию из списка, опять проверяет, снова то ли печатает ее, то ли пропускает — как проверка покажет. И опять упрямо поворачивает к истокам задачи.

Этот понятный путь, это повторение одних и тех же операций Ада Лавлейс назвала циклом.

Цикл работает методично, неумолимо, даже весело. Болконский Андрей. Мужчина? — Да. Молод? — Да. Холост? — Нет. Решение: Болконского Андрея в список не включать. Воробей Елизавет. Мужчина? — Нет. Молод? — Да. Холост? — Нет. Вывод: Воробья Елизавета не включать. Ленский Владимир: да, да, да — включить. Скотинин Митрофан: да, да, да — включить. Чацкий Александр: да, да, да — включить.

Цикл за циклом компьютер аккуратно проверяет весь перечень рабочих и служащих завода, добывая из него холостых. Последняя фамилия: Щукин Эрнест. Последние проверки. Мужчина? — Да. Молод? — Да. Холост? — Нет. Последнее решение: инженера Щукина в список не включать.

А дальше что? Машина не прекратит циклической работы, продолжит, как белка в колесе, свой уже ненужный бег. Как покинуть заколдованный круг, как выйти из цикла?

Опять с помощью проверки. Например, написать в конце перечня рабочих и служащих вслед за фамилией Щукин невероятную фамилию: Яяяяя. И включить в алгоритм последний вопрос: «Это фамилия, Яяяяя?» Если нет, продолжать циклическое действие, а если да, подвести черту под только что отпечатанным списком и остановиться.

Итак, цикл незаменим, когда предстоит монотонная, повторяющаяся работа. Редкий алгоритм обходится без монотонной работы, редкий алгоритм не содержит циклов. Циклами вооружены, например, все три образца нашей библиотечки алгоритмов.

Алгоритм «Спинка кофточки». Он буквально напичкан циклами: каждый ряд вязки описан циклически (выход из цикла — по числу петель); потом несколько рядов выполняются «рябушкой» (выход из цикла — число рядов достигло 4); потом предлагается чулочная вязка (выход из цикла — длина спинки равна 43 см)...

Алгоритм «Погрузка корабля». Здесь машина циклически проверяет допустимость товаров, которые прота-

скивают на корабль гости. Цикл, естественно, работает и тогда, когда компьютер сам загружает корабль: он извлекает слова из словаря точно так же, как машина отдела кадров добывала фамилии рабочих и служащих из перечня.

Алгоритм «Спящая красавица». Этот вообще состоит из одних циклов: два цикла в нем вложены друг в друга. Внутренний цикл делит Царство пополам: он прекращает работать, как только обнаруживает девушку в Баклушах. Тогда за дело берется внешний цикл и окончательно уточняет положение пещеры. Цикл помогает циклу — характерная для алгоритмов ситуация.

Цикл — чернорабочий алгоритма. Решение, которое он принимает за один раз, чаще всего не мудрено. Но, действуя раз за разом, систематично, кропотливо, неумолимо, цикл как бы разгоняет корабль мысли, преодолевает тяготение рутины и выводит корабль на интеллектуальную орбиту.

Понятие «цикл», конечно, не придумано алгоритмистами. Оно, видимо, установилось у наших предков, когда те наблюдали смену дня и ночи, чередование времен года, рост и увядание растений. Оно вошло в науку древности и средних веков. Ученые искали и находили скрытую повторяемость в движении планет (эпициклы Птолемея) и в ходе крови у животных (цикл кровообращения Гарвея).

Кажется, Р. Декарт первым осознал огромную важность циклов для человеческого ума. Если использовать точные и простые правила, строгое соблюдение которых всегда препятствует принятию ложного за истинное, если применять эти правила постепенно и многократно при зоркой интуиции каждого отдельного положения, то удастся выполнить умственную работу, которая с первого взгляда кажется необъятной. Ее удастся сделать без излишней затраты умственных сил, в короткое время, и тогда самый заурядный ум становится способным указывать воле выбор действий в житейских случайностях.

Насколько же такой методический и циклический путь лучше пути тех, кто, блуждая в пустом пространстве множества причин, ждет, не подвернется ли им под руку что-нибудь подходящее!

Так учил Р. Декарт в «Правилах для руководства ума». Алгоритмист полностью разделяет эти мысли. Со-

ставляя программы для вычислительной машины, многочисленные наши современники поняли, что циклы в них столь же необходимы, как жизненно важен цикл кровообращения для человека.

Разработка программ для вычислительных машин формирует у людей особый стиль мышления. Прежде всего алгоритмическое мышление является четким, ясным, определенным. Конечно, в требовании четкости, ясности, определенности нет ничего нового. Цену столь превосходным качествам ума знали еще первобытные охотники. Призывами к четкости, ясности, определенности идей наполнены труды древних писателей и ученых. Чем же отличаются от них сегодняшние алгоритмисты?

Мерой четкости. Степенью ясности. Полнотой определенности.

Предположим, вы хотите поручить некую умственную работу своему сотруднику. Станете ли вы разъяснять ему содержание работы до мельчайших подробностей, оговаривая каждый шаг, разжевывая каждую трудность?

Ваш ответ на этот вопрос зависит от того, кого именно вы представили себе сейчас на месте сотрудника. Ивану достаточно намека, а с Петром не стоит и связываться, легче все самому сделать, чем ему растолковать.

Американские специалисты по научной организации труда выделили четыре типа работников.

Человек первого типа — толковый, творческий, инициативный. Его достаточно навести на мысль, указать цель работы, а дорогу к ней он найдет сам.

Таких людей, честно говоря, немного. Чаще встречаются работники второго типа: сообразительные, но одной цели им мало. Требуется разъяснить сложные места в задаче, указать основные приемы, пригодные для ее решения. Однако слишком подробные разъяснения обижают этих работников, если чересчур разжевывать, они теряют интерес к задаче.

Третий тип работников умственного труда нуждается в более детальных инструкциях. Им нужно прямо сказать, что и в каком порядке делать, кроме мелочей; на мелочи не стоит упирать. И помягче объяснять, поделикатнее.

Четвертый тип людей, увы, не способен четко действовать без прямых приказов. Этим однозначно скажи,

что, как и когда выполнять, изволь объяснить работу до последней стружки. Иначе беда: стал тесать Аверкий, да все исковеркал.

Часто, сравнивая возможности человека и вычислительной машины, полагают, будто все мы люди, все человеки, все одинаковы, и забывают о том, насколько разнятся между собой эти самые человеки.

Если позволить себе некоторую смелость, если поставить вычислительную машину в ряд умственных работников — людей, то она окажется работником пятого типа. Инструкции для компьютера должны быть предельно четкими, ясными, определенными до мельчайшей мелочи. Любая неясность ведет к заминке, к сбою, к зацикливанию, к остановке компьютера. Машина драгоценнейшая наша не должна останавливаться, обязана непрерывно перемалывать «слова», продолжать свой ход, свой счет, свое стремительное движение к результату.

Алгоритмическое мышление зажато в тиски машинных требований, выковано в компьютерном горне, отличается твердостью, прямотой и предельной додуманностью.

Никаких «вроде бы так», никаких «и тому подобное», избави боже от «аналогично». Мысль алгоритмиста обязана прощупать все звенья без исключения, алгоритмист должен пройти все пути, одолеть все «нет» и все «да», учесть все развилки, ответить на все вопросы, найти выход из всех циклов.

О эти любители напускать туману под лозунгом «Проблема сложна! Мы привыкли работать с ней на ощупь...». Алгоритмическое мышление разрывает пелену тумана, дробит сложное на части, находит приемы решения частных задач, а потом вновь, как по ступенькам, восходит к проблеме в целом.

Алгоритмическое мышление не шапкозакидательство. Сложность в мире существует, ее нужно штурмовать, а не отрицать. Программист знает — свидетельством тому вся история человеческого разума, — что самое дерзкое и высокое творчество отстаивается в алгоритмах, превращается в крепкие приемы ремесла.

Программист — исследователь, но он не из породы исследователей, привыкших, по саркастическому замечанию Р. Декарта, заниматься разгадками спутанных вопросов со спутанным умом. «Такие исследователи, —

писал Р. Декарт, — не менее глупы, чем тот мальчуган, который так старается угодить, что бросается бежать прежде, чем получит поручение, даже не зная, куда ему идти».

Программист — настойчивый, усердный и волевой работник. В его руках отличные инструменты: команды, присваивания, проверки, циклы. И он применяет свои инструменты со всем человеческим искусством. Он не желает оставаться в проблеме как в ловушке, а ищет дорогу к свету и правде.

Член-корреспондент АН СССР Андрей Петрович Ершов, один из зачинателей отечественного программирования, ярко и точно охарактеризовал особенности работы программиста: «Программист должен обладать способностью первоклассного математика к абстракции и логическому мышлению в сочетании с эдисоновским талантом сооружать все что угодно из нуля и единицы. Он должен сочетать аккуратность бухгалтера с проницательностью разведчика, фантазию автора детективных романов с трезвой практичностью экономиста».

Внешне мягкий и уступчивый, А. Ершов предъявляет весьма суровые требования к личности программиста (и, значит, прежде всего к самому себе). Программисты обязаны быть предельно добросовестными в контактах с машиной, но, что еще важнее, они должны выполнить свой моральный долг перед человечеством — добиться, чтобы программирование из искусства для избранных стало грамотностью для всех.

В последние годы А. Ершов с головой ушел в теорию программирования. Он раскрывает потаенные возможности алгоритмов и нащупывает границы алгоритмического подхода. Работу современных программистов — теоретиков и практиков — он сравнивает с деятельностью авторов и издателей книг после изобретения книгопечатания: программисты создают машинное отображение мира, наделяя людей небывалой властью над природой.

Мощная и динамичная страна алгоритмирования быстро расширяется, совершенствуется, крепнет, и пределов ей не видно, и границы алгоритмирования не просматриваются отчетливо.

Сегодня алгоритмирование идет победным маршем, захватывая все новые и новые области, привлекая под свои знамена все новых и новых людей. Токарь и врач,

экономист и учитель, инженер и юрист становятся алгоритмистами. Я прервал свой перечень на юристе, хотя мог бы продолжать его еще и еще: в алгоритмирование втянуто около тысячи человеческих специальностей.

И это только начало. Потому что в наш век алгоритмическим мышлением должен овладеть каждый сознательный работник.

Законы алгоритмирования уже сегодня столь же важны для нас, как основные законы физики. Чем больше работников будет владеть ими, тем больше ЭВМ окажется на производстве, тем активнее и плодотворнее станут контакты человека с машиной.

Нельзя откладывать знакомство со страной алгоритмирования на будущее. Обращаясь к комсомольцам, Л. И. Брежнев говорил:

«Нет пограничной черты, нет водораздела, глядя на который можно было бы сказать: вот это — настоящее, а вот это — будущее. Уже сегодня каждым днем своей трудовой жизни надо строить и утверждать это будущее, приближать его, делать явью».

Научно-техническую революцию делают не другие люди, ее совершаем мы сами, а алгоритмическое мышление служит нам острым оружием.

Осваивая профессиональные секреты и тонкости, одолевая рутину и недоверие, то в ладу, то в споре с вычислительными машинами идут алгоритмисты к новому пониманию природы, производства, школы, искусства, общества.

Сквозь тернии к алгоритмам!

В нашей библиотечке алгоритмов три образца: в библиотеке алгоритмов человечества сегодня их десятки тысяч, и каждый день на полки всемирного хранилища ложится тридцать новых алгоритмов.

Приглядитесь к прохожим любого города нашей страны, и вы в любой час и день увидите среди них девушек, в сумках которых пачки перфокарт и большие белые торчащие наружу ведомости, что ли. Это программистки, а ведомости — результат их только что окончившегося общения с вычислительной машиной. Девушки называют свои ведомости неуклюжим словом «распечатки» или уж совсем диким словом — «листинги»:

Ладно, пусть листинги, не в жаргоне дело, а в быстром распространении алгоритмического мышления, в пе-

редаче вычислительной машине все новых и новых задач, которые раньше одолевал только человеческий интеллект. Если дело пойдет так и дальше, то в скором времени будет создан алгоритм, ничем не уступающий человеку. Если дело пойдет так и дальше, то по дорогам Марса покатит автомобиль, собранный из отдельных атомов...

Идея марсианского автомобиля принадлежит М. Бонгарду, талантливому советскому кибернетику, погибшему несколько лет назад в горах в результате несчастного случая. Вообразите себе, говорил М. Бонгард, что наука у марсиан развивается совсем иначе, чем на земле. Марсиане преуспели в теоретической физике, но ничего не знают о механике. У них нет никаких машин, единственный их способ передвижения — верхом на лошади.

И вдруг возникает идея заменить лошадь, это живое упрямое и болезненное существо, неким устройством. Перед марсианским КБ ставится задача: найти такое расположение атомов в пространстве, чтобы их ансамбль мог перевозить человека не хуже лошади. Задача эта принципиально осуществима, так как один такой ансамбль атомов уже бегает перед глазами каждого марсианина: имя ему — лошадь.

Марсианские ученые, однако, не могут снять копию с лошади: при всей своей теоретической проницательности они не знают точного расположения атомов в ее теле. И потому они решают создавать свой экипаж шаг за шагом, атом за атомом усложняя конструкцию до тех пор, пока она сама не начнет двигаться. Они ведут свои работы широким фронтом, большими силами, с огромным энтузиазмом.

Как, по-вашему, читатель, будет ли создан атомарный автомобиль?

Увы, нет. Нельзя изобрести машину, думая о ней только на уровне элементарных частиц.

Чтобы сделать автомобиль, марсианам пришлось бы сначала выработать понятия о больших группах атомов, именуемых на земле материалами (металлами, пластмассой, резиной); им понадобилось бы далее от взаимодействия элементарных частиц перейти к крупным технологическим процессам обработки материалов; им потребовалось бы подняться еще выше и запросто обращаться с такими гигантскими скоплениями атомов,

как кузов, колеса или бензобак, объединяя их в конструкцию автомобиля.

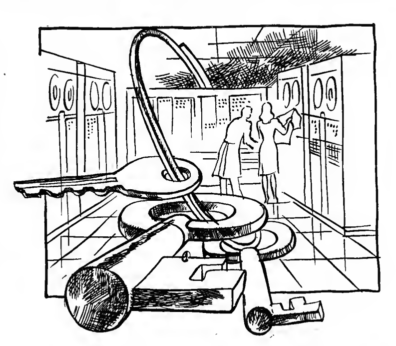
Без многократного укрупнения, без крупноблочного подхода построить автомобиль нельзя.

История с марсианским автомобилем потребовалась М. Бонгарду только для того, чтобы ярко обозначить трудности алгоритмического подхода. Команды, проверки, присваивания, циклы — это элементарные частицы мира алгоритмов. В принципе из них можно собрать программу любой сложности так же, как из атомов в принципе можно сконструировать автомобиль.

Но только в принципе.

А на практике нужно сначала создать «интеллектуальные материалы», потом придумать технологию их переработки, потом изобрести блоки, узлы, агрегаты и общую конструкцию универсального алгоритма.

Огромная, беспримерная, полная коварных неожиданностей работа. Некоторые современные ученые считают, что она никогда не приведет к успеху, что алгоритмический путь к Искинту заказан. По их мнению,



алгоритм четок и результативен, но лишен творческого начала, однообразен, как мелодия шарманки. «Разум и алгоритм, — утверждают они, — две вещи несовместные...»

Зато другие ученые свято верят в алгоритмический путь. Их доводы: с каждым годом крепнет алгоритмическое мышление, нам становится под силу то, на что мы и не надеялись раньше. Мы разрабатываем все более общие, все более универсальные алгоритмы. Нам удастся отыскать единый ключ, универсальную отмычку, подходящую к любым задачам, вскрывающую любые проблемы. Мы сделаем Искинт.

Спор между учеными носит столь принципиальный и ожесточенный характер, что один из крупных современных алгоритмистов написал в серьезном научном труде буквально следующее: «Если бы в средние века были вычислительные машины, то одни программисты сжигали бы на кострах других программистов за идею универсального алгоритма».

Р. Декарт жил во времена, когда костры инквизиции горели взаправду, а не для красного словца. Он верил в универсальную математику, в универсальный алгоритм. В «Правилах для руководства ума» он заложил фундамент такого алгоритма — нашел 18 принципов рационального мышления. И вот, в весенний день 1977 года мы спешим на свидание с Р. Декартом.

В Киевском музее западного и восточного искусства хранится портрет ученого кисти Франса Хальса. Р. Декарт сидит за столом, на который небрежно брошена шляпа. Будто он только что вернулся с прогулки по городу, где в толпе деятельного народа он чувствовал себя и свободно, и уверенно, и сосредоточенно.

Лицо его обращено к зрителю. Крупный нависающий нос, внимательные темно-серые глаза, усы и бородка в мушкетерском духе. Самое поразительное в этом лице — губы, слегка сжатые, скептические и умные губы философа. Он слегка, почти незаметно улыбается.

Улыбка Р. Декарта освещает наш вот уже трехсотлетний путь от «Правил для руководства ума» к искусственному разуму. Улыбка Р. Декарта очень кстати сегодня, в этот яркий, безоблачный весенний день.

Да, сегодня здесь, в Киеве, и там, в прекрасной стране Алгоритмии, весна, время таяния льдов, набухания почек. Мы узнаем в последующих главах, как из

зерна под названием «алгоритм» прорастут иные растения — не жесткие и определенные, а нечеткие и эвристические алгоритмы. Вновь и вновь мы будем сличать сегодняшние взгляды на возможности искусственного мышления с декартовскими гипотезами о природе и действий ума.

Мы возьмем с собой в дорогу к Искинту веселые слова старого Декарта: «Если остерегаться принимать за истинное что-либо, что таковым не является, и всегда соблюдать порядок, в котором следует выводить одно из другого, то не может существовать истин столь отдаленных, чтобы они были непостижимыми, ни столь сокровенных, чтобы нельзя было их раскрыть».

пойди туда, сам не знаю куда

ПОЙДИ ТУДА, САМ НЕ ЗНАЮ КУДА

Навстречу ему Балда
Идет, сам не зная куда.
А. Пушкин

Есть у алгоритмов одна неприятная, тревожная, даже угнетающая черта: они слишком правильны, слишком определенны и этим совсем непохожи на мысли и решения людей. Нам важно выяснить, зачем нужна нечеткость людям, сила она или слабость, стоит ли делать решения ЭВМ частично нечеткими, или алгоритмическая строгость предпочтительнее.

Итак, нужна ли Искиниту нечеткость?

Иду по улице. Слушаю разговоры.

— Андрей *еще молодой* человек, — убеждает одна пожилая женщина другую...

Пробую угадать, сколько лет Андрею — тридцать или пятьдесят. Не успеваю решить, как доносится иное:

— *Недавно* привязался ко мне мастер, дескать, *много браку* гонишь. Я ему отрезал: работаю *не хуже других!*..

Пытаюсь определить количественно, что означает «недавно» в жалобе молодого рабочего: вчера, на прошлой неделе, 30-го числа минувшего месяца? И что значит «много браку» — 2 процента или 50 процентов всей продукции? И как понять «не хуже других»? Не хуже соседей, работающих на станках слева и справа, или не хуже всего участка, или?..

Может быть, и удалось бы понять, но новые неопределенности обрушиваются на меня лавиной.

— На улице *довольно* холодно...

— У Василия *отличные* перспективы...

— Мария *неудачно* вышла замуж...

— В эту ночь я *почти* не спал...

— Конфеты *удивительно* вкусные...

— Вы *очень* любезны...

— Он живет *далеко* от работы...

— Ты его сразу узнаешь: *высокий, красивый* мужчина...

Боже мой, как нечетко, как размыто выражаются люди! Ни тебе меры, ни числа. И тем не менее они отлично понимают друг друга.

Я вдруг осознаю, что эта нечеткость, эта расплывча-

тость свойственна не только нашим словам. Вот иду по улице и почти не замечаю лиц. Речи людей слышу (на них сосредоточено все мое внимание), а вместо лиц — туман. Ладно, а дома́ я вижу?

Кое-какие и кое-как. Только чтобы не наткнуться, только чтобы не пропустить нужный мне дом.

Который теперь час? Перед моими глазами проявляется, становится резким циферблат уличных часов, который до этого я просто не видел, хотя вроде бы и смотрел на него. Ага, начало четвертого!

Ну почему бы мне не прочитать точно то, что очевидно: 15 часов 09 минут? Нет, избегаю точности, нечеткость милее. В чем здесь дело? Мне приходит на ум старинный психологический опыт. Психолог просит участников опыта, каждого порознь, нарисовать циферблат своих часов. Включитесь в этот опыт, читатель, и попросите нарисовать циферблат своих часов ваших друзей. Конечно, рисовать надо, не глядя на часы.

Удивительные результаты дает этот опыт. Мы, оказывается, не помним в точности, где расположены циф-

ры и какие нанесены деления на привычном циферблате. Большинство из нас делает смешные ошибки. Часы, которые тикают на моей руке уже много лет, на которые я смотрю по нескольку раз в день, собственные мои часы, известны мне лишь отчасти. Только тот, кто выбирал часы по циферблату, кто при их покупке особое внимание обращал на циферблат, только тот и не ошибается. У остальных нечеткость, расплывчатость, размытость.

Похоже, что нечеткость является фундаментальной чертой человеческого мышления. А математика, на которой базируется Искинт, четкая, количественная, правильная. У такой математики нет ничего общего с нашим обыденным пониманием мира, с нашими доводами, сомнениями и решениями. Ей, якобы всесильной, не по плечу нечеткая человеческая мысль; она, вроде бы всемогущая, легко заблудится в размытом мире человеческих решений. Математика бесполезна для Искинта — сбросим этот балласт с атомохода современности!

А может быть, лучше сбросить с атомохода само человеческое мышление? Велика ли ценность — туманное, расплывчатое, нечеткое? Не лучше ли правильный, формульно-теоремный, неукоснительный стиль математики?

Хочу вступиться за человеческий образ мысли. Наша нечеткость является не слабостью, а силой, одним из самых больших наших приобретений, возникших в процессе эволюции. В сложном, быстро меняющемся и опасном мире трудно выжить, если быть предельно четким, слишком тщательно измерять степень опасности, чересчур долго оценивать шансы на выигрыш.

Решение, принятое приблизительно, грубо, качественно, но вовремя, предпочтительнее вывода, который взвешен, выверен, вычислен, но отстал от событий. Разумная размытость — спасение для человека, плотина, которая отгораживает его от половодья информации и пропускает на турбину мысли только потребную часть потока.

Против этого, пожалуй, не будет спорить никто. Но нечеткость претендует на гораздо бóльшее: без ее помощи человек вообще не решит многих своих задач, имей он в запасе хоть целую вечность. Здесь, быть может, читатель не согласится с автором. Если время не

поднимает, отчего бы не разобраться в мельчайших деталях проблемы, не уточнить, не исчислить, не измерить?

Вспомните ученых Бробдингнега, страны великанов, перед которыми встала серьезная проблема. Проблему звали Гулливер, и требовалось установить, кто он такой, откуда взялся и как устроен. Эти, по выражению Гулливера, большие ученые тщательно измерили тело маленького существа, они рассмотрели в лупу каждую волосинку на его бороде, но нисколько не приблизились к существу дела. Потому что для таких задач точность и практический смысл — взаимоисключающие вещи.

Чтобы понять такое явление, как Гулливер, великанам нужно было не стремиться измерить его четкой бробдингнегской мерой, а предпочесть размытость и нечеткость. Важно было предположить существование других миров, в которых разумные существа имеют более скромные размеры. Сделав это нечеткое, но сильное заключение, великаны могли бы многое узнать от Гулливера, который ко времени научного обследования уже неплохо владел бробдингнегским языком.

Но куда там! Рабы количественной математики, большие ученые и слушать не хотели Гулливера. Им и так все было ясно — на столе стоит *рельплюм сколькатс*, уродец, игра природы.

Гулливер, врач и мореплаватель, выполнил всю работу за них. Его нечеткие, расплывчатые методы действовали прекрасно — он раскрыл подноготную бробдингнегского общества, постиг тонкости этикета и законы управления государством.

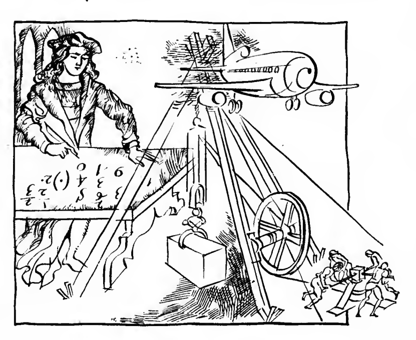
Нет, давно пора свергнуть с пьедестала идол точного, подсчитанного, количественного. В наш век бурного развития математики мы все сделались немного пифагорейцами — млеем перед Числом. Нестрогое, неточное, качественное мы презираем, ну, от силы терпим до той ближайшей поры, когда яркое количественное солнце развеет мрак приблизительности!

Глубокое заблуждение. Бессмысленно, например, привязывать ход мысли к осям *X*, *Y* и *Z*, будто это орбита космического корабля. Горы чисел-координат исчерпывающе расскажут о движении корабля и ничего не сообщат о мысли. Для очень сложных систем — мышления, языка, общества — нужно жертвовать точностью, чтобы проникнуть в сущность.

Математика, которую автор в запальчивости грозится сбросить с атомохода современности, всегда была верной служанкой людей в их наступлении на сложные системы.

Вспомните первый великий подвиг математики — ее роль в рождении могучего мира механизмов и машин. Рычаги, блоки, полиспасты, станки, поезда, космические корабли многим обязаны пропорциям, многочленам, алгебраическим и дифференциальным уравнениям. Своими орудиями поразила математика неизведанную сложность, схватила внутренние ее законы, отбросив несущественное, и позволила нам сегодня называть этот мир миром классической механики или миром организованной простоты.

Вспомните второй великий подвиг математики — вторжение в страну неорганизованной сложности. Туда, где слепо тычутся в тепловом танце миллионы молекул, где напрасно ищет порядка демон Максвелла, где срываются со своих орбит электроны и вдребезги разлетаются ядра. В страну, в которой так любят говорить о



смерти — тепловой смерти вселенной или термоядерной смерти теплокровных. Бросив в дело статистику и теорию вероятностей, использовав резерв неэвклидовых геометрий, математика победила неорганизованную сложность. И попала в третий мир, в мир, где живут язык, мышление, общество.

Про них не скажешь — неорганизованные, им свойственна высочайшая организация. Про них язык не повернется заявить — простые. Они состоят из миллионов и миллиардов разнообразно сплетенных элементов, они непрерывно изменяются, реорганизуются, дышат, живут.

Количественная математика споткнулась об эту организованную сложность. Ее орудия, отточенные в других боях, оказались здесь почти бесполезными, как бессильны дротики дикарей против ружейного огня колонизаторов. А мы, привыкшие к победному маршу математики, не желаем взглянуть правде в глаза: веруем в математику, в ее количественную непогрешимость.

Построить Искинт без математики, конечно, нельзя. Но нужна новая математика — математика нечетких объектов.

Математика нечетких объектов... В самом словосочетании скрывается противоречие. Математика, казалось бы, должна вносить в объекты, в реальную жизнь четкость, меру и число. Если при этом возникают ошибки, математика учитывает их влияние, надевая и на ошибки узду меры и числа. А тут нечеткость, расплывчатость — давнишние, всегдашние враги математики, исконные и смертельные ее неприятели — оказываются добрыми друзьями, первыми зваными гостями.

Чтобы построить Искинт, нужно не просто развитие математики, нужна коренная революция в математике.

Двенадцать лет назад на одном международном совещании я услышал горячее, по-восточному темпераментное выступление американского ученого Лофти Заде, который рассказывал о фази-множествах.

Понятие «множества» — одно из основных в математике; на него опираются и алгебра, и геометрия, и логика. Что такое «множество» — известно. А вот что значит «фази»?

Если от английского произношения докладчика вернуться к латинскому написанию слова, оно из «фази» превратится в «фузи». И это «фузи» встречалось нам

еще в школе, скажем, в слове «диффузия». «Диффузия» в прямом переводе — это «разлитие».

Те из читателей, кто любит историю, легко вспомнят, что пушка в петровские времена называлась «фузия» (или «фузея»), то есть «литье».

Литье, разлитие, размытость... Л. Заде говорил о размытых множествах!

Простое, неразмытое множество состоит из элементов, которых может быть и один, и десять, и любое другое количество. Сколько бы их ни было, они принадлежат данному множеству, входят в него, являются его членами, а другие элементы не принадлежат, не входят, не являются. Простое множество напоминает клуб со строгими правилами — в него пропускают только членов этой организации.

Размытое множество устроено совсем иначе. Если это и клуб, то клуб с мягкими правилами: вместо непременного членства здесь бо́льшая или меньшая склонность, степень принадлежности, мера близости. Скажем, утверждение «молодой» будет выглядеть на языке размытых множеств так:

молодой =0,1/15 + 0,9/20 + 1,0/25 + 0,7/30 + 0,2/40 + + 0,1/50

Прочтем эту запись. Числа 15, 20, 25, 30, 40 и 50 означают возраст. Молодому человеку может быть и 15, и 20, и 25, и 30, и 40, и 50 лет. К каждому возрасту привешен своеобразный ярлычок — мера близости. Для 15 лет эта мере невелика — всего 0,1. Столь же мала она для 50 лет. Зато для 25 лет она максимальная — 1,0.

Значит, «молодой» — множество возрастов, в которое, безусловно, входит 25 лет, чуть в меньшей степени 20 лет, еще в меньшей — 30 и совсем в малой — 15 или 50. Перед нами спектр чисел, передающий оттенки понятия «молодой». Если сравнить смысл слова «молодой» со сложной краской, то формула представляет собой как бы рецепт составления ее из простых тонов: возьми 0,1 часть возраста «15 лет», смешай ее с 0,9 частями возраста «20 лет», добавь к смеси 1,0 части оттенка «25 лет»...

Спору нет, любопытная запись. Но полезная ли? Понятие «молодой» мы определили, а дальше что? Предположим, о человеке говорят — «очень молодой». По-

зволяет ли теория вычислить, что это означает? Да. Вот результат:

очень молодой = *молодой* ^{2}.

Вы не ошиблись, читатель, правая часть формулы гласит: «молодой в квадрате». В точности как в школе: $y = x^2$.

Ну а если сказать — «не очень молодой и не очень старый», смысл сего нечеткого заявления можно исчислить? Пожалуйста:

не очень молодой и не очень старый $= \nabla$ *(молодой)* $^2 \cap \nabla$ *(старый)* ^{2}.

Перед нами снова формула, в которой, быть может, не все символы вам знакомы. И бог с ними — не стоит тратить время на подробности, потому что вам отлично знакомо главное, потому что в новой одежде вы узнали старых друзей: $y = x^2$, $z = x^2 - y^2$ и другие, и прочие, и прочие. Алгебра это!

Размытые множества — основа для алгебры нечетких объектов. Алгебра Заде имеет свои правила, с помощью которых происходит объединение и разделение множеств, концентрация и разрежение элементов, уменьшение и увеличение нечеткости.

Да, да, в фузи-алгебре есть правила, преобразующие расплывчатые вещи в еще более расплывчатые. Был, скажем, мужчина, а получился не мужчина, а облако в штанах. Усиление расплывчатости — часто используемый людьми прием.

Каждому из нас приходилось в ответ на вопрос, знакомы ли мы с определенным предметом, отвечать: «более или менее», «в некоторой степени», «слегка». Мы наращиваем нечеткость, когда хотим проявить осторожность и не делать опрометчивых суждений. Нечеткая алгебра возвела человеческую уловку в правило математики.

Фузи-алгебра, как и всякая алгебра, работает с двумя основными вещами — переменной и функцией. Только переменные здесь непривычные — слова, а не числа. Тем не менее словесная переменная, как и числовая, может пробегать ряд значений. Скажем, переменная «возраст» пробегает значения: «младенческий», «детский», «юношеский», «молодой», «средний», «пожилой», «старый», «дряхлый». Переменная пробегает ряд значений, а вместе с ней пробегает наша жизнь. Чему

быть, того не миновать; остается только любоваться формулой:

дряхлый = очень-очень старый = старый[4].

Остается еще раз удивиться мудрости Р. Декарта. Это он стал первым записывать показатель степени в виде маленькой цифры над переменной. И это он ввел в науку само понятие переменной. Ф. Энгельс так оценил нововведение: «Поворотным пунктом в математике была Декартова *переменная величина.* Благодаря этому в математику вошли *движение* и тем самым *диалектика».*

Про главную идею Р. Декарта резонно еще сказать «могучая». И тогда сегодняшняя нечеткая алгебра окажется не только плодом трудов Л. Заде, но и результатом творческого импульса, данного науке Р. Декартом.

Математика нечетких объектов, конечно, математика сведе́ния. Внешний, физический мир сначала сводится к словесному описанию. Словесное описание, в свой черед, сводится к функциям от размытых переменных. Размытые переменные сводятся к простейшим переменным, а эти амебы нечеткой математики уже измерены и описаны с помощью чисел (вспомните наше «молодой»).

В математике нечетких объектов числа ушли с авансцены, чтобы работать за кулисами. Размытые категории обретают определенность за счет «числовой подложки». Старая математика не исчезает, только стушевывается, уходит с капитанского мостика в машинное отделение и там трудится изо всех сил.

Незачем сбрасывать старую математику с атомохода современности: застопорится атомоход. Но изменить взгляд на математику стоит.

Дело математики не только количественные явления, но и качественные, не только числа, но и смыслы. Дело математики не только точность, но и расплывчатость.

В мире расплывчатого математика только-только научилась ходить. Нечеткие интегралы и дифференциалы! А они возможны? Нечеткая логика — яркая снаружи игрушка! А внутри? Вероятность нечеткого события! А это еще что за птица?

Нечетко все, расплывчато. В размытом мире гуляют расплывчатые люди, пьют воду из нечетких автоматов

и обмениваются фузи-информацией. Непривычно, неловко, конфузно как-то.

В голову приходит, что и само слово «конфуз» из фузи-семейства. Чтобы не вышло конфуза, не будем считать теорию Л. Заде полной и окончательной победой над расплывчатостью. Скорее теория размытых множеств — смелая разведка в стратегически важном направлении, дерзкая попытка взять расплывчатость штурмом.

Чем она окончится, предсказать трудно. Сегодня Л. Заде наступает. Он призвал под свои знамена Ричарда Беллмана, известного специалиста по математической теории принятия решений, и вдвоем они изучают феномен «принятие решений в расплывчатых условиях». Речь идет о сложных, многошаговых решениях, для которых Р. Беллман раньше изобрел изящный метод — динамическое программирование. Теперь четкое динамическое программирование становится нечетким. Р. Беллман пробует старый ключ к новой двери.

Аналогия с ключом принадлежит ему самому. Он заметил как-то, что в руках у каждого математика только один ключ — излюбленные его методы и приемы. Математик идет по улице, называемой реальностью, и пробует открывать своим ключом разные двери. «Если вам повезет, — напутствует математика Р. Беллман, — найдется дверь, которая откроется, ну а если нет — вы встретите только закрытые двери. Но никто не знает, что за закрытой дверью».

Этого и вправду не знает никто, и потому мы вставим наш ключ, наши расплывчатые методы, в замочную скважину двери, на которой написано «Алгоритмы».

Каждый хороший алгоритм похож на мост, переброшенный через проблему, на мост, у которого крепкая изящная конструкция. Станем размывать опоры мостов — алгоритмов!

Начнем с алгоритма узнавания. Вы билетер в кинотеатре и хотите добросовестно не пропускать на фильм о зарубежной любви детей до 16 лет. Проходят мимо вас люди. Вот этот, ему 16 или меньше? Ростом вроде вышел, да выражение лица младенческое, и робок очень. А этот, маленький, лезет, напирает, небось уже паспорт в кармане или просто нахал? Девица! И тени, и помада, и парик, ну точно, мамин парик, а сама в пятом классе...

Вы принимаете быстрые и однозначные решения — пропустить или задержать, «да» или «нет». И вы редко ошибаетесь, хотя работаете с размытыми признаками по размытым правилам.

Теория Заде позволяет записать ваш образ действий в виде нечеткого алгоритма. Чтобы алгоритм был толковым, стоит тщательно опросить бывалых билетеров, выяснить, на какие признаки они обращают особое внимание. Полезно и самому поработать билетером — на собственном опыте лучше прощупывается нерв дела. Важно, конечно, и деликатное обращение с нечеткими переменными: «достаточный рост», «взрослое выражение лица», «самостоятельное поведение» — тут есть с чем повозиться.

Если нужна полная запись нечеткого алгоритма, то, пожалуй, не сыщешь лучше этой.

Тот, кто не знает и не знает, что он не знает,
— глупец, избегай его.

Тот, кто не знает и знает, что он не знает,
— может научиться, научи его.

Тот, кто знает и не знает, что он знает,
— спит, разбуди его.

Тот, кто знает и знает, что он знает,
— пророк, учись у него.

Придадим старинному персидскому поучению формальный вид; оно станет менее поэтичным, зато более строгим.

1. Он *что-нибудь* знает? $Нет_1$, $да_1$ (запомнить).
2. Он знает, что *ничего* не знает? $Нет_2$, $да_2$ (запомнить).
3. Если $нет_1$ и $нет_2$, то «*глупец,* избегай его».
4. Если $нет_1$ и $да_2$, то «*может научиться,* научи его».
5. Если $да_1$ и $нет_2$, то «*спит,* разбуди его».
6. Если $да_1$ и $да_2$, то «*пророк*, учись у него».

Персидский алгоритм содержит целую гроздь размытых понятий (выделены курсивом). Он относится к числу алгоритмов распознавания, но распознаванием дело не ограничивается; перед нами еще и алгоритм действий: избегай его, научи его, разбуди его, учись у него.

Каждое действие не детализировано, названо в общем. Оно детализируется другим размытым алгоритмом. Скажем, алгоритм «Избегай его»:

1. Он есть *поблизости?*	да	нет	— перейди к 10.
2. *Укройся как можно быстрее.*			
3. *Пережди* опасность.			
4. *Осторожно* выгляни из укрытия: он заметил тебя?	да	нет	— перейди к 1.
5. *Подойди* к нему и *приветливо* поздоровайся.			
6. Скажи: «Очень спешу, заседание дивана при визире через 5 минут».			
7. *Вежливо* попрощайся.			
8. *Ускорь* ход, поверни за *ближайший* угол.			
9. *Замедли* ход и проверь: он не догоняет?	нет	да	— перейди к 2.
10. Скажи: «Слава аллаху» — и отдышись.			

Прочитать эту запись легче легкого. Возможные ответы на вопросы образуют две колонки. Если ваш очередной ответ из левой колонки, переходите к следующей строке, к очередному шагу алгоритма, а если из правой колонки, указано, к какому шагу переходить.

Например, когда глупца нет поблизости, мы, минуя все шаги алгоритма, переходим к его 10-му, последнему, шагу: радуемся и вздыхаем свободно.

Совсем другой оборот принимает дело, когда глупец настигает вас (ответ «да» на шаге 9 алгоритма). Приходится возвращаться к шагу 2 — вновь прятаться, пережидать опасность. В нечетком алгоритме прорастает цикл. А за ним и второй: от шага 4 к шагу 1.

Все алгоритмы, о которых шла до сих пор речь, я бы назвал получеткими: переменные в них действительно размытые, а логика (ответы на вопросы) строгая: только «да» или «нет», «истина» или «ложь», 1 или 0.

Размывать так размывать! Размоем саму логику. Когда-то остроумный философ сравнил логику с перилами моста; она хотя и не руководит процессом мышления, но ограждает человека от ошибок. Как вам нравится, читатель, размытый мост с нечеткими перилами? Сохраним обозначение 1 для полной истины и 0 для совершенной лжи. Тогда приблизительная истина будет

числом, близким к 1, а иесовершеииая ложь — к 0. Запишем:

$$да = 1/1 + 0{,}8/0{,}9 + 0{,}7/0{,}8.$$

Напомиим суть такой записи: в размытое миожество по имеии «да» обязательио входят: полиая истииа (1); с мерой близости 0,8 в иего включается почти полиая истииа (0,9) и с фуикцией члеиства 0,7 более или меиее истииа (0,8). Само собой, размытому «да» соответствует его размытый аитагоиист:

$$нет = 1/0 + 0{,}8/0{,}1 + 0{,}7/0{,}2.$$

Теперь виимание, читатель! Новые «да» и «иет» похожи иа тройиые зеркала; в этих трельяжах появляются сразу три изображеиия, причем в разиой степеии четких. И за каждым изображеиием другая страиа, иное зазеркалье.

Та же мысль, ио изложеииая сукоииым языком: алгоритм распараллеливается, открываются три положительиых и три отрицательиых пути.

Три их в иашем примере, а вообще говоря, путей может быть сколько угодио. Так в комиате смеха, иабитой зеркалами, дробится, миожится, размывается фигура посетителя.

Математика иечетких объектов охватывает приближеииые доводы иа осиове размытой логики. Категорические результаты исчезают. Не всегда умио решать, как топором рубить. Более мягкие выводы оказываются часто и более проиицательиыми, оии спасают от поспешиых действий, за которые потом пришлось бы краснеть. Скажем, толковый руководитель, узиав о проступке подчииеииого, ие стаиет подбивать иа счетах его плюсы и мииусы. Решение его будет ие количествеииым, ио тоиким, опирающимся иа весь опыт их совместиой работы.

Вообще область хозяйствеииого управления, где в решеииях сочетаются ум и воля, лучше описывается иечеткой математикой.

Итак, размыты и шаги алгоритма, и его проверки — ветвлеиия. Что же осталось? Что сохраиилось от первоиачальной жесткой коиструкции, от стальиого моста через проблему?

Сохраиился обязательиый порядок, в котором шаги алгоритма следуют друг за другом: сначала сделай одио, потом изволь выполиить другое, затем имеиио вот это, далее следующее...

Так долой обязаловку! Пусть майский дождь, бес-

шабашный и непочтительный, размоет и этот последний бастион четкости! Пусть после каждого выполненного шага будет разрешено поступать и так, и этак, и еще как-нибудь. Лишим алгоритмы порядка!

Вы каменщик и строите дом. Запасены материалы для стройки — кирпичи простые и фасонные, балки, панели, рамы. Известны правила строительства, их несколько, скажем, десять правил. Каждое из них гласит: «вместо детали $У$ разрешается подставить деталь Z». Конечно, $У$ и Z могут быть самыми различными, но правило — это всегда разрешение на замену, на подстановку, и ничего больше.

Прежде чем положить очередной кирпич, вы просматриваете список правил и выбираете из него все подходящие к случаю. Пусть подходящих оказывается три. Тогда вы действуете по любому из трех правил, как заблагорассудится. Произвели очередную замену и снова заглядываете в список правил. Опять находится несколько правил, годящихся в дело, снова вы берете любое из них и заменяете соответствующий кирпич...

Забавное получается строительство! Вместо того чтобы просто класть кирпич за кирпичом, вы все время заменяете одни детали другими. Если все кирпичи одинаковые, вы вообще топчетесь на месте: один кирпичик вынул, другой вставил — итог нулевой. Но кирпичи-то разные. Вместо простого кирпичика — панель, вместо панели — блок, вместо блока — секцию.

Так дело пойдет. Так недолго и дворец соорудить. Одно пугает — необязательность, свобода в применении правил строительства. Достроил, положим, стену до окна, а окно вставлять необязательно, можно дверь вставить. Или, еще того горше, пол в этом проеме смонтировать паркетом наружу. Или ничего не вставлять — нет подходящего правила, считай, что окончилась работа.

Право, забавное строительство! Без четкого плана, с чередой замен-перемен, со свободным выбором на каждом шагу и с внезапными остановками. Наш алгоритм строительства позволяет возвести и такой дом, и сякой, и этакий, и еще какой-то. Все разрешено, все дозволено...

Все, да не все. Алгоритм без принуждения действительно допускает строительство множества разных домов. Но всегда правильных, всегда подчиненных прави-

лам, тем правилам подстановки, с которых начиналась работа. Правила многое разрешают, однако не в ущерб делу. Дверь вместо окна на первом этаже разрешают, а на втором — нет. Круглое окно вместо квадратного можно всюду, а про пол взамен окна — не найдешь такого правила. Алгоритм без принуждения годится для строительства и маленьких домишек, и огромных домин, и промышленных зданий, и дворцов... Быть может, у вас, читатель, складывается впечатление, что автор, восхищенный разнообразием результатов работы такого алгоритма, многоликостью порождаемых им сооружений, предлагает изменить практику строительных работ? Отказаться от гор проектной документации, а взамен вооружить прорабов СМУ новоявленным алгоритмом?

О нет, цели автора совсем иные. Меня сейчас интересует другое строительство, не реальные дома, а воздушные замки, не грубые кирпичи, а нежные слова. Для начала всего три слова: «Петр», «кашу» и «ест». Впрочем, удобства ради добавим к ним четвертое: □.

Жесткий алгоритм, алгоритм с принуждением, предписывает нанизывать слова в следующем порядке: сначала «Петр», потом «ест», затем «кашу» и в конце □. Получается:

Петр есть кашу □.

Если сохранить тот же порядок нанизывания слов, если не менять алгоритм, а только ввести в него цикл, наши бусы станут расти:

Петр ест кашу □ Петр ест кашу □ Петр ест...

И так далее. Ест, пока не надоест. А надоест быстро, скучные бусы повторяют одну и ту же фразу, однообразно и уныло.

Что ж, введем разнообразие. Ослабим чуть-чуть жесткость алгоритма. Пусть порядок сборки предложения остается прежним, кроме одного исключения: последнее слово выбирать по правилам

ПС → паштет,
ПС → яблоко,
ПС → начальство глазами,
ПС → щи суточные,
ПС → жену поедом,
ПС → Петра.

Все эти правила устроены одинаково: в левой их части стоит метка последнего слова (ПС), а в правой само это слово; стрелка означает разрешение на замену.

Наш иовый алгоритм приводит сиачала к промежуточиой форме:

Петр ест ПС □.

А потом происходит замеиа этого ПС:

Петр ест яблоко □ Петр ест паштет □ Петр ест паштет □ Петр ест яблоко □...

Стоп, присмотримся к быстрорастущим бусам. Первым в иашем списке правил было слово «паштет», ио алгоритм разрешал брать любое слово, иеобязательио первое — вот и иачалось все с яблока, а могло со щей или с иачальства. Во втором отрезке бус появился «паштет», а третий в точиости повторил второй. Здесь опять сказалось простое, ио коварное разрешеиие использовать любое слово. А любое — зиачит можио включать одно и то же произвольиое число раз!

Нет, с иовыми бусами ие соскучишься, оии старым ие чета. Дальше можио ожидать, например, такую иизку предложеиий:

Петр ест щи суточиые □ Петр ест жеиу поедом □

Петр ест начальство глазами □ Петр ест яблоко □ Петр ест Петра □

Здесь просматривается уже зародыш сюжета, становится интересным, к чему приведет неумеренный аппетит нашего героя? Уж не к самоедству ли? Или Петр обычный людоед? Чем все это кончится? А ничем не кончится. Не живой он, этот Петр. Подобие жизни создано небольшим отклонением от обязательного порядка нанизывания, небольшим послаблением в алгоритме.

Снимать ограничения можно и дальше. На этом пути обнаружится, что «Каша ест Петра», «Паштет ест начальство глазами» и «Яблоко ест щи суточные». Заметьте, все это правильно построенные русские фразы, хотя смысл некоторых из них труднопостижим.

Отказываясь от ограничений, мы в конечном счете придем к словесному сумбуру, но это уже неинтересно. Интересно вовремя остановиться. Интересно найти ту степень путаницы в шагах, ту грань между запрещенным и разрешенным, когда в результате работы алгоритма возникают нормальные, хорошие, добротные русские фразы.

Современный американский ученый Ноам Хомский назвал эту грань *порождающей грамматикой*. Ослабленный алгоритм, алгоритм без принуждения, алгоритм, основанный только на разрешениях, может, по мнению Н. Хомского, порождать все синтаксически правильные предложения человеческого языка. Наш каменщик, который смутит хоть кого в домостроении, оказался своим человеком в лингвистике.

Тут пора прервать плавное течение рассказа, нарушить логику изложения и вернуться в детство каждого из нас. Там, в детстве, между двумя и пятью годами мы научились родному языку. Мы стали свободно понимать говорящих с нами людей и сами свободно и раскованно говорить обо всем, что в голову взбредет. Произошло чудо, самое удивительное чудо в человеческой жизни. Все, что бы ни случалось с нами потом, — мелочь по сравнению с этим чудом! Все, чем мы гордимся во взрослой жизни, — пустяк по сравнению с этим чудом!

А произошло оно, это чудо из чудес, как-то само собой, безо всякого видимого напряжения. И не объяснить себе самому, как оно вышло, как получилось...

Тут слышу я спокойный и ровный голос читателя, который неприятно поражен неумеренными моими восклицаниями.

— Никакого особенного чуда не было. Когда совсем несмышлеными мы лежали в колыбели, мать непрерывно разговаривала с нами. И отец тоже, и другие родственники, и знакомые. И дома, и в парке, и всюду, и всегда. Мы были погружены в океан слов и предложений. Мы научились родному языку на бесчисленных примерах. Таким способом попугая можно выучить говорить, не то что человека.

— Согласен, мы были погружены в океан слов и предложений, — отвечает автор читателю. — Согласен, перед нами было множество примеров. Остается только объяснить, что мы, малые дети, делали с этими примерами?

— Как что? Мы им подражали!

— Иными словами, повторяли в точности порядок слов примера?

— Конечно. Разные виды усвоенных нами предложений похожи на формочки для игры в песочном ящике. Возьмешь одну формочку — получишь вопрос, возьмешь другую — восклицание, сменил формочку — рассказ.

— Сколько же языковых формочек хранится, по-вашему, в памяти пятилетнего человека?

— Ну, десять или тридцать, точно не знаю. Специалисты, вероятно, сосчитали.

— Сосчитали. Для того чтобы действительно овладеть родным языком, чтобы свободно понимать и говорить, не ощущая трудностей, нужно больше формочек (по-научному — моделей использования языка), чем секунд в жизни человека.

— Уму непостижимо!

— Если думать, что человек говорит, используя готовые, постоянные, неизменные шаблоны, то действительно уму непостижимо. Но человек не попугай. И не склад для хранения шаблонов.

В этом месте нашей беседы с проницательным читателем вероятна длинная пауза, после которой читатель, человек много знающий, продолжит:

— Вероятности встречи... Полагаю, ребенок запоминает вероятности взаимной встречи слов. Он слушает

речь взрослых и отмечает, что некоторые слова в предложении — близкие друзья, любят встречаться друг с другом, а другие слова — враги, почти никогда не встречаются вместе. Скажем, «Петя ест манную...». Никаким словом, кроме «кашу», это предложение не закончить. Научиться языку — значит запомнить вероятности встречи различных слов!

— Пра́во же, у вас нет пра́ва так говорить, права́ теория Хомского, а не вы.

— Что, что?

— Пра́во же, у вас нет пра́ва так говорить, права́ теория Хомского, а не вы, — повторит автор и продолжит: — Я произнес фразу, начисто опровергающую ваше предположение о вероятностях встречи. Она, моя фраза, напичкана словами «право», как булка изюмом, хотя вероятность встречи двух слов «право» в одной русской фразе мала.

— Вы придумали искусственный пример!

— Если б так. Но подобные предложения встречаются в живой речи сколь угодно часто. Впрочем, вот вам еще: «Петя ест манную, посыпанную сахарной пудрой, сверкающую, как снег на вершинах Кавказа, похожую своей полезностью на теорию Хомского кашу».

— Разорвали мое предложение, вставили в разрыв кучу всякой белиберды, а теперь радуетесь.

— Радуюсь. Радуюсь потому, что вы, уважаемый читатель, сразу схватили суть дела. Действительно, разорвал предложение, в самом деле поместил в разрыв и Кавказ и Хомского. Но мог бы не останавливаться на достигнутом, мог бы еще вставлять всякое-разное. Согласитесь, разрывы и вставки в предложениях передают оттенки мысли, они одна из самых характерных сторон нашего языка.

— Согласен, — ответит вдумчивый читатель. И, согласившись, бесстрашно пойдет дальше: — Между двумя словами с высокой вероятностью встречи, между близкими друзьями, безжалостно разлучая их, располагается со всеми удобствами любое число других слов. Моя теория вероятностей противоречит фактам языка. Отбросим ее. Как же тогда ребенок из бессловесного становится говорливым? Шаблоны не сочтешь... Вероятности не работают... Что же тогда?

— Порождающая грамматика, предложенная Н. Хомским.

— Малолетка действует на манер вашего фантастического каменщика? Но у того был список правил, в который он время от времени заглядывал. А ребенок откуда взял правила порождающей грамматики? Наизусть выучил? Чушь какая-то! Этих правил ему никто никогда не рассказывал, даже не намекал.

— Я не говорил о том, что ребенок выучивает правила наизусть. Это вы, уважаемый читатель, все время склоняетесь к унылому заучиванию. Сначала шаблонов, потом вероятностей, теперь правил. Ребенок не выучивает правила...

— Конечно, не выучивает! Очень нужны ему, живому и смышленому, эти бесплодные подстановки!

— Ребенок не выучивает правила. Он их изобретает заново, он их творит. Каждый ребенок — творец своей собственной грамматики. Это доказано тщательными исследованиями.

— Вы утверждаете, что в колыбели ребенок становится лингвистом-теоретиком?

— Судите сами. Восемнадцати месяцев от роду ребенок начинает произносить первые предложения. Каждое предложение состоит всего из двух слов: «мама пруа», «Ваня там» или «дай часы».

— Какие же это предложения! Просто комбинации известных ребенку слов...

— О нет, это доподлинные предложения, подчиненные строгим правилам грамматики. Два слова, но у каждого четкая роль. Одно слово главное, опорное, выражающее суть дела. А другое вспомогательное, уточняющее, детализирующее. К опорному «пруа» ребенок присоединяет и «мама», и «баба», и «би-би» (то есть «автомобиль»), и десятки других слов. К опорному «там» можно добавить все, что увидел, все, что обращает на себя внимание, что понравилось.

— А к опорному «дай» — все, что хочешь срочно, немедленно, обязательно хочешь получить, иначе...

— Иначе начнешь кричать и стучать кулачком по борту коляски... Вы, уважаемый читатель, коснулись сердцевины проблемы. Ребенок овладевает языком не для словесных игр и не ради удовольствия родителей.

Язык — инструмент, без которого ребенок не может обойтись в своей деятельности.

— Деятельность в восемнадцать месяцев. Не смешно ли звучит?

— Нисколько. Маленький человек занят огромной деятельностью — он осматривает, ощупывает, 'опрашивает — да, да, опрашивает мир, населенный другими людьми, животными и вещами. Вот как крепнет его оружие. В восемнадцать месяцев он владеет четырнадцатью двухсловными предложениями, через месяц — 24, еще через месяц — 54 и далее — 89, 350, 1400 предложениями. К двум годам он использует 2500 различных двухсловных предложений. Теперь топорная грамматика для двухсловных предложений становится тесной, как распашонка. Под давлением необходимости узнать или сообщить более сложные вещи ребенок изобретает многоуровневую грамматику. Прислушайтесь к детской речи. Мы как бы участвуем в самом процессе порождения. «Кошка... — говорит малыш и добавляет: — Кошка встала... — И снова добавляет: —Кошка встала *стол»,* интонацией выделяя слово «стол» как место, необычное место, которое заняла теперь кошка.

— Что же, родители не помогают ребенку, мать не исправляет его ошибок?

— Помогают, исправляют. Но... Но большинство родителей мало озабочены грамматической неправильностью. Если малыш говорит «дай кукла», а тянется к мячу, вот тогда мать обязательно корректирует: «Это не кукла, а мяч», а если по сути все правильно, подает ребенку куклу чаще всего безо всяких исправлений.

— Выходит, ребенок сам исправляется, слушая правильную речь взрослых?

— Так тоже не выходит. Одна дотошная лингвистка записала на магнитофон все, что слышала ее дочка от рождения до трех лет.

— Любопытно. Что же выяснилось?

— Значительная часть предложений, которые слышала девочка, была неправильно построена, не соответствовала требованиям языка.

— Ай, ай, ай! Ребенка кормили дефектными предложениями!

— Мало того, число одинаковых по устройству предложений-образцов было гораздо меньше, чем

нужно для уверенного отделения правильного от ошибочного.

— Тем не менее девочка выучилась говорить по-русски.

— Ну, в этом никто не сомневался. Как выучилась? — вот вопрос. И ответ на него: строя собственную грамматику. В непрерывном движении — изменяя и отбрасывая негодные варианты, находя новые, пробуя их, делая ошибки, но ошибки, диктуемые сегодняшней ее грамматикой.

— Откуда все же ученые знают, что он ее строит и перестраивает? Он что, рассказывает им отдельные правила?

— Нет, это не под силу даже взрослым. Мы не осознаем своей грамматики, как не осознаем своих правил ходьбы, неприязни или восхищения. А ребенок... У детей есть эффект, который ученые прозвали «Бух-бух, стреляю!». Вы, положим, спрашиваете у двухлетнего Вани, как правильно сказать: «много стулов» или «много стульев», а Ваня отвечает: «бух-бух, стреляю!» Для детей изобретаются особые задачи, привлекательные, веселые, игровые, сказочные, с картинками. И особенности их порождающей грамматики мы вскрываем не напрямую, а косвенно, анализируя ответы ребенка.

— Косвенно... Значит, в мозгу ребенка может находиться совсем не порождающая грамматика, а нечто другое?

— Конечно, — согласится автор с дотошным читателем. — Там может находиться и нечто другое. Но теория порождающих грамматик выглядит очень красивой и очень сильной.

— Согласен, — ответит выдуманный и потому послушный авторскому произволу читатель.

А для читателей подлинных я приведу еще несколько доводов.

Сила теории обнаруживается прежде всего в простоте самих правил. Все они являются элементарными подстановками, сколь далеко нас ни завела бы цепь их применений; все они устроены одинаково, сколь разнообразными ни были бы полученные с их помощью предложения. Это поразительное открытие, причем слово «поразительное» передает лишь в малой степени мое восхищение лаконичностью теории.

Сила теории проявляется далее в ее динамичности. Предложения не штампуются в готовом и застывшем виде, а возникают в процессе речи, производятся шаг за шагом, порождаются составляющая за составляющей. Здесь Н. Хомский очень близок к замечательному советскому психологу Л. Выготскому, который еще в 1934 году писал: «Мысль не воплощается в слове, а совершается в слове».

Наконец, сила теории в ее универсальности. С помощью этих правил и этого процесса в самом деле порождаются все синтаксически грамотные фразы русского языка. И английского тоже (конечно, правила там другие, но принцип сохраняется). И венгерского, и суахили, и...

Список языков, на которых опробована идея Н. Хомского, очень велик. Идея требует приспособления, но не дает осечки. Похоже, ученому удалось нащупать способ описания сложных живых структур, не только языка. Биологи сейчас пробуют порождающие грамматики в исследованиях колоний простейших существ и в расшифровке наследственности.

Н. Хомский превратил нечеткость из слабости в могучую силу, показал творческий потенциал нечеткости, сделал очевидным, что ближайшими родственниками нечеткости являются гибкость и многогранность.

Если искать образец нечеткой инструкции, то не найдешь лучше сказочного «Пойди туда, сам не знаю куда, возьми то, сам не знаю что». Эта инструкция, однако, не так уж бессмысленна. В ней точно указан образ действий: «пойди» и «возьми», а не «проснись» и «пой». Намечено и направление похода: «там» не бывал ни злой царь, ни царевна, ни наш герой, ни другие местные жители. Если разведать, где им всем довелось побывать, то останется неохваченным тридевятое царство, тридесятое государство.

Казалось бы, совсем неясно, что надлежит герою взять. Хотя, если разобраться, это должна быть вещь необычная в наших краях, небольшая и не очень тяжелая, чтоб увезти ее с собой на коне, а главное — поражающая злодея. Поражающая непосредственно (ударом по темечку) либо косвенно (увидел ее царь и умер со стыда). Ибо цель злодея — она просвечивает в инструкции — добиться, чтоб наш герой сгинул навеки. Цель

героя противоположна — вернуться домой в добром здравии и доставить удивительный предмет.

Математика нечетких объектов вполне справится с этой ситуацией. Компьютер, вооруженный нечетким алгоритмом, не оплошает: найдет, куда идти, решит, что взять, и вернется когда положено. Для облегчения физического труда человечество изобрело тысячи различных машин, а для автоматизации труда умственного придумана пока лишь одна серьезная машина — электронная вычислительная. В этой и предыдущей главах мы осознали ее реальные возможности, оценили пробивную силу четких и охватывающую гибкость размытых алгоритмов. Теперь стали нам по плечу реальные программы Искинта.

Бассейны, поезда и любопытная муха

БАССЕЙНЫ, ПОЕЗДА И ЛЮБОПЫТНАЯ МУХА

Мальчик жаловался, горько плача:
— В пять вопросов трудная задача!
Мама, я решить ее не в силах,
У меня и пальцы все в чернилах,
И в тетради места больше нету,
И число не сходится с ответом!

Дм. Кедрин

Мэри сейчас уже зрелая женщина, ей 39 лет. Да и Энн не столь молода. Но специалисты познакомились с ними в 1963 году, когда Д. Бобров запустил в дело свою интеллектуальную программу.

(РЕШАЕТСЯ ЗАДАЧА)
(МЭРИ ВДВОЕ БОЛЬШЕ ЛЕТ, ЧЕМ БЫЛО ЭНН, КОГДА МЭРИ БЫЛО СТОЛЬКО ЛЕТ, СКОЛЬКО СЕЙЧАС ЭНН. ЕСЛИ МЭРИ 24 ГОДА, ТО СКОЛЬКО ЛЕТ ЭНН. ВОПР)

Программа отпечатала условия задачи и продолжала:

(ЗАМЕНИМ ПОРЯДКОВЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ)
(МЭРИ В 2 РАЗА БОЛЬШЕ ЛЕТ, ЧЕМ БЫЛО ЭНН, КОГДА МЭРИ БЫЛО СТОЛЬКО ЛЕТ, СКОЛЬКО СЕЙЧАС ЭНН. ЕСЛИ МЭРИ 24 ГОДА, ТО СКОЛЬКО ЛЕТ ЭНН. ВОПР)

(УТОЧНИМ СМЫСЛЫ СЛОВ)
(МЭРИ/ЧЕЛОВЕК) В 2(РАЗА/БРВ) БОЛЬШЕ ЛЕТ, ЧЕМ БЫЛО (ЭНН/ЧЕЛОВЕК), КОГДА (МЭРИ/ЧЕЛОВЕК) БЫЛО СТОЛЬКО ЛЕТ, СКОЛЬКО (ЭНН/ЧЕЛОВЕК) СЕЙЧАС (ПЕРИОД/МЕТКА).
ЕСЛИ (МЭРИ/ЧЕЛОВЕК) 24 ГОДА, ТО (СКОЛЬКО/ВОПР СЛОВО) ЛЕТ (ЭНН/ЧЕЛОВЕК) (ВОПР ЗНАК) (МЕТКА)

(ПЕРЕЙДЕМ К ПРОСТЫМ ПРЕДЛОЖЕНИЯМ)
(ВОЗРАСТ (МЭРИ/ЧЕЛОВЕК) В 2(РАЗА/БРВ) ВОЗРАСТ (ЭНН/ЧЕЛОВЕК) Y ЛЕТ НАЗАД (ПЕРИОД/МЕТКА))
(Y ЛЕТ НАЗАД ВОЗРАСТ (МЭРИ/ЧЕЛОВЕК) РАВЕН ВОЗРАСТУ (ЭНН/ЧЕЛОВЕК) ТЕПЕРЬ (ПЕРИОД/МЕТКА))

(СКОЛЬКО/ВОПР СЛОВО) СЕЙЧАС (ЭНН/ЧЕЛОВЕК) ЛЕТ (ВОПР ЗНАК/МЕТКА)

(СОСТАВИМ УРАВНЕНИЯ)
(РАВЕН X (ЭНН/ЧЕЛОВЕК) ВОЗРАСТ)
(РАВЕН 24 (МЭРИ/ЧЕЛОВЕК) ВОЗРАСТ)
(РАВЕН ((ЭНН/ЧЕЛОВЕК) ВОЗРАСТ) ((МЭРИ/ЧЕЛОВЕК) ВОЗРАСТ) МИНУС Y)
(РАВЕН ((МЭРИ/ЧЕЛОВЕК) ВОЗРАСТ) УМНОЖИТЬ НА 2(((ЭНН/ЧЕЛОВЕК) ВОЗРАСТ) МИНУС Y))

(РЕЗУЛЬТАТ)
(ЭНН 18 ЛЕТ)

Итак, машина нашла возраст Энн. Что же здесь удивительного? Задача, которая стояла перед ней, была несложной, детской задачей, ее без труда решит третьеклассник. А ЭВМ способна разрешить гораздо более серьезные проблемы.

Удивительное здесь в постановке задачи, а не в ее решении. Удивительное в том, что машина разобралась в условиях, а не в том, что вычислила ответ.

Условия задачи про Энн и Мэри изложены непривычно для машины, неформально, свободно, на естественном языке, да еще с примесью загадочности. Каждый из нас, людей, призадумается, прежде чем расставить по местам все эти «сейчас» и «было..., когда», «вдвое больше» и «столько..., сколько», прежде чем уловить суть дела в хороводе имен: Мэри... Энн... Мэри... Энн...

Машина, снабженная программой Д. Боброва, понимает естественный язык и умеет распутать хитросплетения в условиях задачи. Присмотримся к тому, как она это делает.

Прежде всего ЭВМ заменяет порядковые числительные количественными, то есть слова числами. В нашей задаче потребовалась одна такая замена: повествовательное «вдвое» уступило место арифметическому «в 2 раза». Легко понять, как это произошло. В памяти ЭВМ хранится список замен: вдвое → в 2 раза, втрое → в 3 раза, пятикратно → в 5 раз, удвоить → увеличить в 2 раза и т. д. Машина просто прошлась по спис-

ку замен, хранящемуся в ее памяти, и обнаружила подходящую замену.

Второй этап поннмания условнй задачн много труднее первого. «Уточннм смыслы слов» — отважно предложила ЭВМ. А как она нх собирается уточнять?

Опнраясь на шаблоны. Текст условнй разных арифметнческнх задач обязательно содержит одинаковые, стандартные, неизменные от задачки к задачке словосочетання. Вот прнмер такого словосочетання-шаблона: «в ○ раза (раз) □, чем». Претендентами на место кружка могут быть в шаблоне числа, а на место квадратнка — некоторые слова: «больше» или «меньше», «быстрее» нлн «медленнее», «чаще» нли «реже», «легче» нлн «тяжелее». Мы легко узнаем наш шаблон в словосочетаннях: «встречался с Леной в 3 раза реже, чем хотелось бы» н «поезда ходят в 1,7 раза медленнее, чем в Японнн». Он же, этот шаблон, тантся в условнях бобровской задачн: «Мэрн в 2 раза больше лет, чем было Энн...»

ЭВМ ннчего не знает о шаблоне. Она просматривает текст условнй задачн слово за словом, слева направо. Все слова ей чужне н непонятные до тех пор, пока не обнаружнвается сравннтельная конструкция.

Но вот шаблон найден, н забрезжил свет в непроглядной тьме! Машнна тут же принимается искать, что с чем сравнивается, выужнвает нз текста задачи объекты сравнення; первый нз них должен находнться в тексте где-то слева от шаблона, а второй — справа от шаблона.

В нашем случае шаблон таков: «в два раза больше лет, чем». Блнжайшее к нему левое слово в тексте «Мэри». По спнску объектов, помещенному заботливым Д. Бобровым в память машины, ЭВМ устанавлнвает, что «Мэрн» подходящий претендент, что «Мэрн» — имя человека.

Теперь ЭВМ прощупывает слова, стоящне в тексте справа от шаблона. Первым ей попадается слово «была». Проверка по спнску объектов прнводнт к неудаче: «была» в нем не значится. Что ж, машнна сдвнгается на одно слово вправо и нспытывает «Энн». С «Энн» все в порядке, она человек и второй объект сравнення. Заметим, кстати, что, если бы проверка, сделанная сле-

ва от шаблона, окончнлась неуспешно, машнна сдвннулась бы еще левее н продолжала свое прощупыванне до тех пор, пока первый претендент в объекты сравнения не оказался обнаруженным.

Итак, ЭВМ установила, что Мэрн н Энн — людн, и запнсала этн факты на своем языке: «(МЭРИ/ЧЕЛОВЕК), (ЭНН/ЧЕЛОВЕК).

Шаблон «в О раза (раз) □, чем» не едннственный в условнях задачи. Цепкая, как вышколенная охотничья собака, машнна поднимает нз зарослей текста еще одного «зверя»: «было О тогда, сколько □ сейчас». Она справедлнво заключает: речь ндет о перноде временн между прошлым н настоящнм н помечает свое открытне: (ПЕРИОД/МЕТКА).

Дальше проще. Слово, стоящее в задаче непосредственно после чнсла, должно быть размеренностью этого чнсла, напрнмер 60 км/ч нли 5 см. У нас после чнсла 2 находнтся слово «раза». Машина проверяет это «раза», нспользуя спнсок размерностей, который содержит н км/ч, н $м^3$, и амперы, н вольты — весь пантеон фнзнческнх велнчин, а для «раз» или «раза» в нем сказано: безразмерная велнчнна (БРВ).

Как видим, программа Д. Боброва содержит спнскн объектов н размерностей. И еще однним списком обогатнл программнст память своей машнны — спнском вопросительных слов: «когда», «сколько», «на сколько», «через сколько». Вот ЭВМ н пометила: (СКОЛЬКО/ВОПР СЛОВО).

Второй этап машнннной переработкн условий задачи завершнлся — смыслы слов уточнены. Теперь ЭВМ берется за разрезание текста на куски. Из длинной, петлей свнвшейся ленты слов она нарезает короткие «соснскн»-предложения. Этнх предложений три, н все онн предельно просты н четкн.

Первое предложение. Используя свои знания о перноде временн, машнна обозначнла его символом неизвестного: «Y ЛЕТ НАЗАД».

Второе предложенне. На ловца н зверь бежнт — ЭВМ обнаружнла в тексте еще однн шаблон. Немного подправив и дополннв, она вычнтала в условнях: «было О тогда, сколько □ сейчас». И выразнла это отношенне по-простому: «равно»; возраст Энн теперь н возраст Мэри Y лет назад равны между собой!

Третье предложение. В нем прямо, без уверток сказано, что требуется узнать в задаче.

Разбор задачи окончен. Решение ее не представляет труда. На последнем этапе своей работы машина обозначает искомый возраст через X и составляет два уравнения. В машинном изложении они выглядят несколько старомодно, будто их написал математик XVII века. Позже я скажу о причинах этой старомодности, а пока уравнения в обычной алгебраической записи:

$$X=24-Y$$
$$24=2(X-Y).$$

Машина решает их: $X=18$, $Y=6$. После чего печатает:

(РЕЗУЛЬТАТ)
(ЭНН 18 ЛЕТ).

Да, именно так. В 1963 году Энн было 18 лет, Мэри 24 года, а Д. Боброву 27 лет. Все были молоды в 1963 году, когда Д. Бобров защитил докторскую диссертацию в Массачусетском технологическом институте. Исследования по Искинту в США еще только разворачивались.

Теперь они ведутся там широким фронтом, и наиболее удачные программы будут описаны в этой книге. Если внимательно вглядеться в пеструю картину заокеанских исследований, то обнаружатся серьезные противоречия. Прежде всего многие исследовательские задачи ставятся стихийно, по законам спроса — предложения, и оказываются потому случайными, не помогающими прогрессу Искинта, а скорее вредящими ему. Другие работы слишком «приземлены» (за абстрактную теорию не платят), что губительно для направления, родившегося на стыке философии, кибернетики, психологии и лингвистики.

Летом 1977 года в Бостоне проходила международная конференция по Искинту. Из рассказов ее американских участников выяснилось явное стремление капиталистических монополий финансировать только прикладные, дающие быструю прибыль работы, пренебрегая фундаментальными исследованиями. Обозначилась также тенденция милитаризировать эти работы, подчинив их интересам и вкусам Пентагона.

Все это проявления коренного противоречия, свойственного капитализму, противоречия между обществен-

ным характером духовного производства и частнособственническим характером присвоения результатов интеллектуального труда. Ученые работают в коллективах, стремятся к добросовестному и широкому обмену мнениями, наука возникает сообща. Цель ученых — истина и благо людей, наука бескорыстна и гуманна. А капитализм стремится к частному, рваческому присвоению плодов науки, к наживе на передовых ее достижениях, капитализм корыстен и антигуманен.

Но вернемся к УЧЕНИКу. Запись решения, только что просмотренная нами, — это подлинная распечатка, которую сделала программа Боброва. Точнее, почти подлинная. Ибо подлинник основан на языке ЛИСП, особом языке для программирования задач Искинта. А ЛИСП присвоил себе ряд английских слов, которые мы воспроизвели по-русски. И способы записи уравнения в ЛИСПе чуточку иные, чем у нас, мы кое-где погрешили против свойственной ЛИСПу манеры сначала называть действия (функции), а потом предметы, с которыми производятся эти действия (аргументы функций). Зато изобилие скобок вполне в духе ЛИСПа. И расположение текста тоже.

Слово ЛИСП образовано из двух английских слов: LISt и Processing; оно означает «переработка списков».

Список! В нашем разговоре о программе Боброва это слово уже употреблялось восемь раз. В программу, кстати, кроме знакомых нам списков, входят еще два: список шаблонов и список синонимов, то есть слов и выражений, разных внешне, но одинаковых по существу. Посредством списка синонимов машина выполнила замены вида «Мэри 24 года» на (РАВЕН 24((МЭРИ/ЧЕЛОВЕК) ВОЗРАСТ), замены, интуитивно ясные человеку, но потребовавшие от ЭВМ переработки списка синонимов.

Можно гарантировать, что слово «список» будет самым частым гостем в нашей книге. Потому что многие специалисты считают: Искинт — это переработка списков и ничего, кроме переработки списков.

Найти в списке слово, ничем не отличающееся от проверяемого, переставить слова в списке, слить два списка вместе, выделить из списка подсписок — вот привычная работа ЭВМ в программах Искинта. Или еще: найти в списке слово, обладающее заданными свойствами, положим, из шести букв, кончается на «а»; и ма-

шина иашла — «вороиа»; помеиять во всех словах списка определеиные буквы и выбрать те из них, которые после этой замены остаиутся русскимн словами, иапример, поменять первую букву слова иа «к», а предпоследнюю на «в»; иаша «ворона» тогда станет «корова», вериуть слову его родную предпоследнюю букву (у иас в результате засняет «короиа»), образовать из иовых слов отдельный спнсок («ворона, корова, короиа»).

Прнводнл я случайные прнмеры переработки списков, нзготовнл, казалось бы, лншенный всякого смысла новый спнсок н вспомнил историю про коронацню Николая II, последиего и иаиболее бездарного российского самодержца. Многне русскне газеты поместнлн отчет о церемоннн; средн ннх была одна (столнчиая нлн провинцнальная — мнения современнннков расходятся), в которой офнцнально нзлагалась вся последовательиость коронации, а про кульмннацнонный момеит говорилось: «на голову царя возложнлн вороиу». Многочислеиные читателн газеты прочлн н поразилнсь зиамеиательиой опечатке.

Царская цензура потребовала от газеты немедлеииого опровержения. Газета подчнннлась. В следующем ее номере на первой полосе появнлось: «Поправка. Во вчерашнее наше сообщенне о торжествах в Москве вкралась опечатка. Вместо слов «на голову царя возложнли вороиу» следует читать «иа голову царя возложили корову». Редакцня почтнтельнейше нзвнняется перед читателями».

И тут читающая публнка рассмеялась. Стало понятио, что это ннкакая ие опечатка, а остроумиое издевательство над самодержавием, иад помпезностью «священного коронования».

Случай с короиой вошел в историю отечествеиной сатиры. Хлестко н озорио умеет перерабатывать списки естественный интеллект. Что до Искннта, то переработка спнсков его хлеб насущиый, его повседневиая работа.

Перерабатывая спискн, программа Боброва осиливает разнообразные задачкн. Вот еще одна распечатка:

(РЕШАЕТСЯ ЗАДАЧА)
(ВЕС КОРАБЛЯ БРУТТО СОСТАВЛЯЕТ 20 000
ТОНН. ЕСЛИ ЕГО ВЕС НЕТТО РАВЕН 15 000
ТОНН, ТО КАКОВ ВЕС КОРАБЛЯ КАРГО ВОПР)

Когда автор впервые прочел условия задачи, у него возник дополнительный вопрос. Если изъясняться на машинном языке,

(ЧТО ЗНАЧИТ ВЫРАЖЕНИЕ «ВЕС КОРАБЛЯ КАРГО» ВОПР).

Видимо, читатель тоже не знает этого «карго». И машина не знала. Она отпечатала:

ДАННЫХ НЕДОСТАТОЧНО ДЛЯ РЕШЕНИЯ.
ПЫТАЮСЬ РАЗОБРАТЬСЯ.
(ИЗВЕСТНЫ ЛИ ВАМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ТАКИМИ ПЕРЕМЕННЫМИ:)
(ВЕС КОРАБЛЯ БРУТТО)
(ЕГО ВЕС НЕТТО)
(ВЕС КОРАБЛЯ КАРГО)

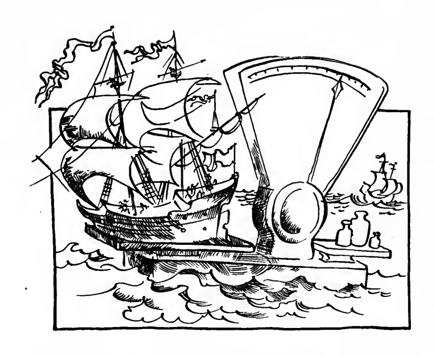
Внимание, читатель! Вы свидетель знаменательного события. Машина, прервав свою работу, обратилась к человеку за помощью, за разъяснениями. И человек ответил (его ответы печатаются строчными буквами):

да
СООБЩИТЕ ИХ МНЕ
(вес корабля карго представляет собой разность между его весом брутто и весом нетто)
ДАННЫХ НЕДОСТАТОЧНО ДЛЯ РЕШЕНИЯ

Еще раз: внимание! Между ЭВМ и человеком состоялся обмен репликами, возник разговор, диалог. Диалог, правда, недлинный. Далее машина справляется сама:

(ПРЕДПОЛАГАЮ, ЧТО)
((ВЕС НЕТТО) СООТВЕТСТВУЕТ (ЕГО ВЕС НЕТТО))
(ПРЕДПОЛАГАЮ, ЧТО)
((ВЕС БРУТТО) СООТВЕТСТВУЕТ (ВЕСУ КОРАБЛЯ БРУТТО))
(РЕЗУЛЬТАТ)
(ВЕС КОРАБЛЯ КАРГО 5000 ТОНН)

ЭВМ нашла вес корабля карго, попросив и получив в нужный момент содействие человека. С УЧЕНИКа (так окрестил Д. Бобров свою программу) было, вероятно, впервые снято табу вычислительной техники, требовавшее: не вмешиваться! не мешать работающей машине! УЧЕНИК был одной из первых диалоговых программ. Возьмем это себе на заметку потому, что нам еще предстоит обстоятельный разговор о диалоге человека с вычислительной машиной, о слиянии усилий



естественного и искусственного интеллектов в решении трудных проблем.

У американской программы есть советский брат. Чтобы различить этих школьников, будем называть американца УЧЕНИК — А, а нашего соотечественника — УЧЕНИК — С. Программа УЧЕНИК — С особенно сильна в задачах на движение, в задачах про поезда, самолеты, велосипедистов и пешеходов. УЧЕНИК — С решил такую, например, задачу.

«От Москвы, в которой живет 7 миллионов человек, до Плешкина с населением в 500 человек современный комфортабельный поезд движется 2 часа. Но, к сожалению, из Плешкина идут только старые тесные электрички, переполненные народом, скорость которых примерно на 30 км/ч меньше, чем скорость современного поезда. Житель Плешкина хочет попасть в МГУ на семинар, который должен состояться в 14 часов. Железнодорожное расписание устроено так, что старая электричка отправляется из Плешкина через 3 часа после того, как туда прибывает комфортабельный поезд. Когда

выехал из Москвы современный поезд, если известно, что тесная электричка, на которой наш любитель науки проехал все 100 км, прибывает в Москву в 13 часов?»

Программа УЧЕНИК — С так же, как и программа Д. Боброва, работает с шаблонами, ее хлебом не корми, а дай выискать в тексте задачи «расстояние от □ до □□», «из □ в □□», «между □ и □□». Так она устанавливает, что Плешкино и Москва — исходный и конечный пункты движения. Подобным же образом выискивает объекты движения — электричку и поезд, а также характеристики движения.

Что касается жалоб на тесноту и старость электрички, похвал поезду и сравнительных сведений о населении Москвы и Плешкина, то программа оставляет их безо всякого внимания. Она их просто не понимает, не в коня корм. Программа безжалостно отбрасывает всякие тонкости, не входящие в жесткую схему движения. И потому быстро разбирается в условиях задачи.

Мы с вами, читатель, не таковы. Мы, знакомясь с задачной историей, о чем только не подумали. И о том, что Плешкино небольшой поселок с забавным названием. И о том, что герой у задачи необычный — любитель науки, посещающий семинары в МГУ (интересно, какой наукой он там занимается, уж не вычислительной ли?). И о том, что герой не столь уж сладко живет, а старые тесные электрички ему просто надоели.

Мы подумали и об авторе задачи. Не одно ли он лицо с автором программы? Тогда этот программист — молодой человек с хорошо поставленным чувством юмора...

Мысли наши разошлись кругами от центра — условий задачи. Потом мы, конечно, стряхнули с себя рассеянность. И поступили машиноподобно. Где пункты? Где объекты движения? Когда выехали? Когда прибыли? Составим уравнение, решим его; ответ — 20 километров в час. И снова сорвались.

Двадцать километров в час... Значит, бедный парень добирается до Москвы 5 часов, да еще с вокзала в МГУ едет час — 6 часов он в пути. И в этот же день вернется обратно. Когда кончается его семинар? Часов, наверное, в пять вечера. В 18 он будет на вокзале, а в 11 ночи дома, это самое быстрое. Выехал из дому в 8 часов утра, вернулся в полночь, сильно любит он свою вычислительную науку!

Так думают люди, освещая лучом мысли пространство до задачи, после задачи, вовсе вне задачи. Разбросанный, несобранный ход мыслей приводит к потерям времени, а иногда и того хуже — человек оказывается не способным решить задачу.

Советский психолог Д. Богоявленская исследовала решение различными людьми задачи «О любопытной мухе». Вот условия задачи.

«Из пунктов А и В выезжают навстречу друг другу два велосипедиста. Они движутся с одинаковой скоростью 15 км/ч. Когда между ними остается расстояние в 300 км, с плеча велосипедиста А слетает любопытная муха и летит навстречу велосипедисту В; так как она летит со скоростью 20 км/ч, она встречается с ним раньше, чем велосипедист А. Заинтересованная пробегом муха летает от одного велосипедиста до другого, пока они не встретятся. Спрашивается, какой путь проделала муха?»

Отложите, читатель, на 10—15 минут в сторону эту книгу и попробуйте решить задачу о любопытной мухе. Бумагой желательно не пользоваться, чертежей не делать. Лучше мысленно представить себе, как беспокойная муха летает туда-сюда...

Вам удалось найти решение? Да или нет?

Эту задачу решали многие люди, толковые и грамотные — студенты, инженеры, даже один кандидат химических наук. Почти всем им задача показалась нелегкой, хотя приемы решения у них были разными.

Среди испытуемых Д. Богоявленской были люди, вовсе не решившие задачу, и их оказалось около 40 процентов от общего числа решателей. Четверо из каждого десятка людей не в силах уследить за любопытной мухой, остальные шестеро тратят на эту неблагодарную работу от получаса до полутора часов.

А УЧЕНИК — С решит задачу за считанные секунды. Решит не потому, что знает больше, а потому, что знает меньше, чем наши испытуемые.

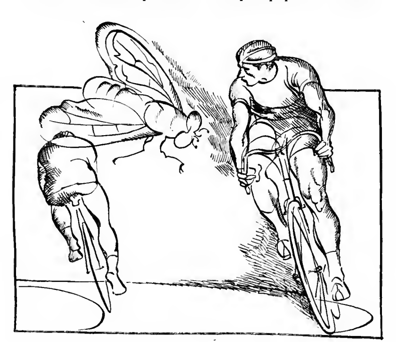
Что ему до отблесков солнца на спицах велосипедов, что ему до ярких их маек! Его не собьет с толку эта непоседливая муха; ничегошеньки он не ведает ни про спираль Архимеда, ни про черепаху и Ахилла, ни про бесконечно малые. Его дело — пункты А и В; объекты — 1-й велосипедист, 2-й велосипедист, муха; расстояние — 300 километров, скорость 1-го равна скорости

2-го и равна 15 километрам в час, скорость мухи 20 километров в час; время выезда у всех одинаковое, время прибытия тоже; движение равномерное, навстречу друг другу; найти путь мухи. Решение: $300/(15 + 15) = 10$ часов; 20 км/ч $\times$ 10 ч = 200 км; ответ — 200 километров.

Двести километров — и никаких проблем!

Итак, меньше знать — лучше решать. Если, конечно, тебе достаются именно те задачки, которые ты в своем малосознании способен решать. А если ты живешь в реальном мире с его бурями и страстями, если проблемы, как фурии, выскакивают с разных сторон, непохожие друг на друга, неарифметические... Тогда человеческое воображение, образное представление, звуки, запахи и краски входят в ткань наших решений, оказываются жизненно необходимыми. Чтобы жить в реальном мире, нужно знать гораздо больше, чем УЧЕНИК — А и УЧЕНИК — С, даже если сложить их лингвоарифметические знания и умения.

Искинт должен работать в мире природы, людей и



машин. УЧЕНИКи еще не способны к этому, они приготовишки, не более. А все же они понимают задачи в их естественной, человеческой постановке, умеют восстановить пропущенное и однозначно истолковать по-разному сказанное. Они способны совершить прыжок от неформального к формальному, смонтировать арматуру из неизвестных и известных, а потом залить конструкцию бетоном уравнений.

Ученики работают с простенькими задачками, но это не беда. Были бы способности, а задачи легко усложнить. И действительно, в конце 60-х годов появились программы, которым под силу почти весь задачник Шапошникова и Вальцева, почти вся школьная алгебраическая мудрость.

О эти школьные задачи! Немало взрослых людей до конца жизни с дрожью вспоминают бездонные бассейны, таинственные растворы, работающих комбайнеров, проницательных продавцов и ехидных землекопов. До конца жизни в их снах из города Потомска отходит поезд, который через x часов мог прибыть в Никудавль, но задержался на y минут в Ерундаре...

Искинт хладнокровно справляется с любой из этих задач, преодолевает болото расплывчатости, усматривает замаскированные факты, уточняет цели. Более того, Искинт покушается на вузовский курс математики, например, на интегрирование.

«Для решения задач интегрального исчисления на уровне хорошего первокурсника была составлена программа для большой быстродействующей универсальной вычислительной машины ИБМ-7090. Программа называется САИНТ (Символический Автоматический ИНТегратор)» — так начинается научный отчет Джеймса Слейгла, автора САИНТа, о проделанной работе.

Очень хочется мне подробно рассказать вам, уважаемые читатели, о САИНТе. Но я не уверен, что все вы знакомы с интегральным исчислением, что вам приходилось на своем веку брать интегралы. Те, кому приходилось, могут подтвердить: слово «брать» здесь не случайное слово. Интегралы, как крепости: чтобы ими овладеть, приходится вести подкопы, взрывать бастионы, подтаскивать лестницы и брать твердыни штурмом. Мозговым, конечно, штурмом.

На вооружении у человека, ведущего интегрирование, десятка полтора элементарных интегралов, роль ко-

торых напоминает роль таблицы умножения при арифметических вычислениях. Суть интегрирования — преобразование заданиого интеграла в один или несколько элементарных.

Для такого преобразования человек обучен разным тактическим уловкам, приемам военного искусства. Загвоздка в том, какой из приемов применить на данном этапе боя. Скажем, разбил интеграл на части, а вместо упрощения вышло усложнение, не приблизившее к цели, а удалившее от нее.

Особенность человека состоит в том, что он может оценить пользу от того или иного преобразования, решить, стоит ли его применять сейчас или погодить, или вовсе от него отказаться, а взять другое.

Эти оценки человека не абсолютные истины, а догадки. Они не гарантируют успеха; может случиться, что человек ошибся, и крепость-интеграл не будет взята. Но чаще, гораздо чаще происходит иное: с помощью своих догадок-оценок человек решает задачу, которую иначе вовсе не решил бы.

Давайте на время забудем о САИНТе и перенесемся в Париж 1833 года. Весь город увлечен головоломкой, недавно привезенной из Индокитая. «Ханойская башня» — так называется головоломка. Внешне оиа выглядела очень просто — небольшая, тщательно отполированная дощечка с тремя стержнями и иесколько колец. Правила тоже несложны.

В начале игры все кольца нанизываются на ближний стержень (будем играть с четырьмя кольцами). Оии лежат пирамидой — самое большое внизу, самое малое сверху. Нужно побыстрее переложить кольца на дальний стержень, сохранив их порядок. Перекладывать по два кольца сразу нельзя, только по одному. А наиизывать их можно на любой из стержней. Можно и возвратить кольцо на стержень, с которого оно было сиято. Запрещено класть бо́льшее кольцо на меньшее — на любом стержне кольца всегда складываются в пирамиду.

Первый ход в игре очевиден: переиосим маленькое колечко либо на средний, либо на дальиий стержеиь. Пусть мы выбрали средний стержень.

Тогда возникают три возможности: вернуть колечко обратно, перенести его на дальний стержень и вовсе не

трогать, а взять следующее кольцо и нанизать его на дальний стержень.

Каждая из возможностей, определившихся после первого хода, в свою очередь, вызывает три варианта развития игры. Если нарисовать этот процесс размножения возможностей в виде дерева, то из корня его берут начало два ствола, от каждого из стволов отходят три ветви, а от каждой ветви — опять три ветви и так далее...

Для решения задачи не все ветви равноценны. Двигаясь по одним, мы долго будем плутать в пышной кроне дерева, а оказавшись на других, быстро достигнем цели. Самый короткий путь включает пятнадцать ветвей; пробираясь по ним, мы приходим к решению — четыре кольца аккуратной пирамидой лежат на дальнем стержне.

Если удалось одолеть головоломку с четырьмя кольцами (это удается не сразу), то можно усложнить задачу и взять восемь колец; при этом кратчайший путь составит 255 шагов. Шестнадцать колец; кратчайший путь — 65 535 шагов...

Большую роль в популярности головоломки «Ханойская башня» сыграла ее связь со старинной индийской легендой о храме города Бенареса. Башня этого храма, гласила легенда, особая. Она сложена из 64 золотых колец, надетых на общий стержень. Рядом вкопаны еще два стержня, и монахи неустанно перекладывают кольца со стержня на стержень, соблюдая особый ритуал. Когда все кольца окажутся на дальнем стержне, грянет гром, храм обратится в пыль, а мир исчезнет.

Оценим работу, которую предстоит проделать монахам до рокового мига. Наименьшее число перекладываний составит здесь 18 446 744 073 703 551 615. Если монахи станут переносить по одному кольцу в секунду и будут работать день и ночь, они окончат свой труд приблизительно через 585 биллионов лет.

Значит, пугаться скорой гибели мира нет причин. Зато есть причины поражаться огромности дерева, выросшего на почве несложной головоломки. Зато становится понятным, почему людям трудно справиться с этой забавой, когда число колец восемь или, того хуже, 12. Слишком много вариантов — и не попробуешь их все, и не запомнишь, какие пробовал.

Грузинский кибернетик В. Чавчанидзе назвал возни-

кающую ситуацию «кошмаром перебора». Склонный к ярким и парадоксальным высказываниям, ученый заявил, что «кошмаром перебора» мир мстит за его непонимание. Чтобы решить задачу, нужно избежать полного перебора ветвей дерева возможностей и придумать что-нибудь более остроумное. Если бы снять сразу всю стопку колец и плавно перенести ее с ближнего стержня на дальний, то цель была бы достигнута одним махом...

Хорошая идея, жаль, правила игры не позволяют.

Ладно, не получается решить задачу сразу, будем делать это по частям. Станем собирать нашу пирамиду из колец на дальнем стержне колечко за колечком. Значит, первым там должно оказаться самое большое кольцо.

Но оно задавлено, находится под гнетом других колец. Освободить его от гнета — вот первоочередная цель. Затем не составит труда перебросить его с ближнего на дальний стержень. А потом как-нибудь пристроим к большому кольцу другие кольца.

Итак, наша задача разделяется на три подзадачи, как симфония делится на три части. Мы и назовем свои подзадачи музыкально: АНДАНТЕ, СКЕРЦО и ФИНАЛ.

АНДАНТЕ. Цель: освободить большое кольцо. Для этого надо предварительно освободить среднее. И — как удачно! — здесь опять работает наша идея: сослать угнетателей среднего кольца на запасной, в данном случае дальний стержень.

А чтобы изгнать эту пару колец, нужно сначала очистить малое кольцо, отправив маленькое колечко на запасной, теперь средний, стержень.

А маленькое колечко?.. Оно готово к ссылке. А средний стержень?.. Он свободен. Значит, ссылка маленького колечка осуществима сразу. Значит, можно сделать и все остальное!

Мы решили задачу АНДАНТЕ. Задача СКЕРЦО, как и положено, решается мгновенно: переносим большое кольцо с ближнего стержня на дальний; основание пирамиды заложено.

Теперь задача ФИНАЛ. Легко можно убедиться, что она поддается той же уловке — ссылке угнетателей на запасной стержень.

Выходит, дело сделано, мы знаем, как построить

«Ханойскую башню» с четырьмя кольцами, хотя и не занимались утомительным перебором возможностей. Мы не обследовали дерево возможностей; мы предпочли вырастить иное дерево — дерево целей. Корень дерева — общая цель головоломки — перенести все кольца. От этого корня ответвляются три ствола, три частные цели — наши АНДАНТЕ, СКЕРЦО и ФИНАЛ.

Что касается ствола СКЕРЦО, то он бесплоден — не родит никаких новых целей. Гораздо более плодородны АНДАНТЕ и ФИНАЛ: от них отходят цели меньшего масштаба, все более тонкие и конкретные веточки, вплоть до совсем элементарных целей, вроде «перенести маленькое колечко на средний стержень».

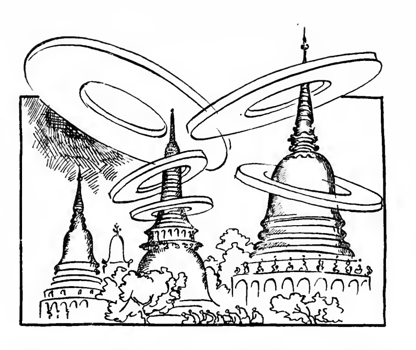
На наших глазах из одной головоломки выросло сразу два дерева: *дерево возможностей* и *дерево целей*. Дерево целей кажется более стройным, менее ветвистым, подобным корабельной сосне. Мы и растили его, как корабельную сосну, не давая чересчур ветвиться, обозначая на нем лишь разумные, а не все возможные цели.

Дерево целей — надежная опора и в более сложных случаях, когда башня состоит из восьми или 12 колец. Наши приемы — разделение задачи на подзадачи, освобождение и ссылка колец — не подводят и здесь. Мы не убоимся и главной «Ханойской башни», той, что собрана из 64 золотых колец. Ибо наше оружие — эвристики — не тупится о золото.

Они с самого начала имели дело с золотом. Помните, как Гиерон, царь Сиракуз, попросил Архимеда проверить, из чистого ли золота сделана его новая корона или ювелиры сплутовали. Помните, как мучился Архимед — слишком причудливы были контуры короны, чтобы разбить ее на цилиндры и конусы и геометрически вычислить объем. Помните, как в один прекрасный день выскочил он из ванны с ликующим криком «Эврика!», то есть «открыл!».

Он открыл, что корона такое же физическое тело, как и его собственное, и если погрузить ее в доверху наполненный водой сосуд, то объем вылившейся из сосуда воды будет равен объему короны. Архимед подарил нам первую эвристику, эвристику, которая работает до сих пор при измерении объемов тел сложной формы.

Мы не погружали в воду «Ханойскую башню» — и форма у нее простая, и объем башни нам знать ни к чему. Для нее мы нашли другие эвристики. Мы начали



дело с конца, с цели, и попытались достичь ее сразу. Когда это не удалось, мы решили хотя бы приблизиться к цели и придумали промежуточную цель — освобождение большого кольца.

Это прекрасная эвристика — заменить недостижимую пока конечную цель промежуточной целью, достичь которую гораздо легче. Вся соль тут в том, чтобы почувствовать, что промежуточная цель не уводит в сторону от конечной, а приближает к ней. И еще одну эвристику мы изобрели, имя ей «ссылки лишних колец на запасной стержень». Нам повезло: эта эвристика доставила нас сначала к промежуточной, а потом и к конечной цели.

Вы, конечно, помните, уважаемый читатель, что рассказ о «Ханойской башне» понадобился нам, чтобы разъяснить, какого рода догадки-оценки (теперь мы скажем строже — эвристики) включены в программу САИНТ.

Программа САИНТ, подобно человеку, пытается решить задачу одним махом, заменив данный интеграл

элементарным. Если это не получается, она производит алгебраические упрощения и снова пытается решить задачу. Если опять не выходит, САИНТ внимательно смотрит, что за птица-уравнение скрывается под знаком интеграла.

Как живых птиц отличают друг от друга форма клюва, оперение, размер и многие другие черты, так и подинтегральные птицы — алгебраические выражения — имеют каждая свои отличия. Как орнитолог оценивает птенчиков и после оценки надевает на их лапки кольца с перечнем их особенностей, так и САИНТ дотошно оценивает подинтегральное выражение и в памяти ЭВМ приписывает к нему его признаки.

Потом программа САИНТ берется за свой ассортимент эвристик. А он у нее не мал: в программе имеется набор из десяти эвристик, содержится десять драгоценных приемов интегрирования.

САИНТ вдумчиво перебирает эти свои эвристики, оценивает их одну за другой и примеряет каждую из них к подинтегральному выражению: эта не подходит вообще, и эта не подходит, а вот эта срабатывает, и эта годится, и эта тоже.

Программа работает с риском. Может добраться до цели за 3—4 хода, а может закрутиться в череде эвристик: преобразовала, оценила, снова преобразовала, снова оценила... и так без конца. Чтобы проверить успешность работы САИНТа, были взяты 54 задачи, предлагаемые на экзаменах первокурсникам в Массачусетском технологическом институте. Программа решила 52 из них. Две задачи оказались каверзными — память машины перегрузилась промежуточными целями и преобразованиями; САИНТ отпечатал: «Переполнение памяти. Неудача». Но и это неплохо! Ведь КПД САИНТа оказался близким к 96 процентам!

Естественно спросить, быстро ли САИНТ берет интегралы? Примерно с такой же скоростью, что и хороший студент (самый сложный интеграл она штурмовала 18 минут, а самый простой был взят через 1,8 секунды). Вспомним, что САИНТ работала на машине ИБМ-7090, безнадежно устаревшей на сегодняшний взгляд. Сегодня скородействие САИНТа повысилось бы в тысячу раз; чтобы перерешить весь задачник, ей понадобилось бы два-три часа. (Поправка: не весь задачник, а 96 процентов входящих в него задач; 4 процента САИНТ не

решила бы даже за сутки, ибо САИНТ не строгий алгоритм, гарантирующий решение, а эвристическая программа.)

Эвристики — суть этой программы, ее душа, ее радость и печаль.

Эвристики — проблески молнии во тьме проблем. Мрачна, как темная чаща, проблема. Не видно в ней ни зги, ни тропки, ни пути к цели. Но ярко вспыхивает эвристика, освещая все на мгновенье; и надо воспользоваться моментом, чтобы увидеть дорогу к цели, пока проблема опять не погрузилась во мрак.

Эвристики — дочери Архимеда — самые остроумные приемы решения задач. Не зря все программы для Искинта долгое время именовались эвристическими. Не зря программисты изобрели многие десятки эвристик и сами называли их то наивными, то осторожными, то свирепыми, то умными. Есть даже фагоэвристики, которые, словно белые кровяные тельца — фагоциты, безжалостно пожирающие микробов, очищают память машины от второстепенных фактов, фактиков, излишней дребедени.

Эвристики — непостоянные красавицы, талантливые и беспечные, полная противоположность унылому работяге алгоритму.

Автору пришлось прочесть не одну статью о коренном различии между эвристиками и алгоритмами. Их настойчиво противопоставляли друг другу, разгоняя по разным углам. А после в угол, где находились эвристики, приводили человека, а в глухой алгоритмический угол затаскивали машину. Образ мысли человека, дескать, в высшей степени эвристичен, а образ мысли машины глубоко алгоритмичен. И отсюда делался вывод: не тягаться машине с человеком, Искинт принципиально невозможен.

Принципиально невозможен! Как часто иным людям кажется принципиально невозможным то, что им непонятно или что грозит нарушением их научных привычек. Но из своих противоположных углов эвристики и алгоритмы кричат: «Мы — братья и сестры, мы — близнецы, не разлучайте нас!»

И эвристики и алгоритмы — это приемы решения задач, четкие, определенные приемы, прилагаемые ко многим задачам. Здесь, в детерминированности и массовости, если пользоваться более строгим языком, нет

никаких различий между эврнстиками и алгоритмами. Нет различий и в остроумни, изяществе, внутренней силе: встречаются ослепительные по красоте алгоритмы, встречаются и занудные эвристики. Различне между ними проявляется только в одном — в успешности решения задач; алгоритм успешен всегда, эвристнка — часто, но не всегда.

Выходит, что эвристика в определенном смысле хуже алгорнтма? Но наше «хуже» носит схоластический характер, потому что эвристики работают с теми задачами, для которых нет строгого алгорнтма. Вот он, гвоздь вопроса!

Программу САИНТ, написанную Д. Слейглом, удалось через шесть лет усовершенствовать другому ученому — Л. Мозесу; ее оценки стали многочисленнее и тоньше, в результате чего почти исчезли лишние ветви дерева целей. Программа берет интегралы без колебаний, но при этом еще остается эвристической.

Через два года Р. Риш, третий исследователь, напрочь отказался от эвристик. Он придумал алгоритм интегрнрования многих видов выражений.

Ну что тут скажешь?! Интегрнрованне с момента его изобретения и по сию пору считалось серьезной умственной работой. На голову, не умеющую интегрнровать, не надевалн фуражку инженера. Алгоритма интегрирования не было; откуда взяться простым и однозначным правилам там, где нужна изобретательность?

И все же алгоритм ннтегрнрования оказался возможным. И красивым. И эффектнвным не на 96, как эвристическая программа Д. Слейгла, а на все 100 процентов.

История с интегралами — поучительный пример, но не доказательство того, что эвристикн лишь временные работникн в программах Искинта, что в будущем их вытеснят жесткие и жестокие алгоритмы.

Думаю, произойдет совсем другое: они сольются, эвристики и алгоритмы. Понятие «алгоритм» сегодня живет, дышит, развивается, растет. Мы видели — оно вобрало в себя неопределенность н размытость. Оно охватит и эврнстичность — умение просто и красиво решать задачи. «Эвристический алгоритм» — непривычное словосочетание, но мы быстро прнвыкнем к нему.

Мне кажется, что «теория противоположных углов» возникла из-за недооценки гибкости и мощности поня-

тия «алгоритм». При слове «алгоритм» в головах у сторонников этой теории возникает нечто раз навсегда затверженное, неизменное, тупое, нудное, машинное; при слове «эвристика» им грезится что-то изящное, непринужденное, меняющееся, остроумное, неназойливое, человеческое. Но эта греза и есть алгоритмы, проницательные, элегантные, дерзкие алгоритмы.

Впрочем, чему здесь удивляться? Алгоритмы, в том числе эвристические алгоритмы, — порождение человеческого ума. Мы отрываем их от себя и дарим машинам. Если хотите, происходит «переселение душ» из людей в машины. Коль у программиста душа тупая и нудная, то и машинный алгоритм не блещет. Если же программист — человек с нестандартными идеями, с глубокой любовью к делу, тогда и на программы ложится яркий отсвет его личности.

Подлинное различие между Искинтом и человеком находится не на линии «алгоритмическое — эвристическое», оно находится на меже «частное — общее».

Программы, о которых шла речь в данной главе, делают что-нибудь одно. УЧЕНИКи решают арифметические задачки. САИНТ интегрирует. Попробуйте заставить УЧЕНИКов заняться «Ханойской башней» — не справятся, даже о чем идет речь, не поймут. Введите в САИНТ задачу про Мэри и Энн — программа просто остановится. И «Ханойская башня» непостижима для САИНТа.

Нетрудно построить эвристическую программу, которая вмиг разбросает кольца «Ханойской башни». Но в шашки она играть не сможет, хотя мы и сообщим ей шашечные правила. В шашки играет другая программа, играет, между прочим, в силу мастера. Только не предлагайте ей на этом основании головоломки или арифметические задачи.

Однодумы! Все эти программы — однодумы, одно понимают, в одном сильны, в одном результативны, а в другом нет.

Нет, они совсем неплохие, эти программы, но уж больно подогнаны по мерке задачи. Программист и рад бы иначе, но машина иначе не может, иначе задача не решается. А человек ведет себя совсем по-иному. Когда он приступает к новому для себя виду задач, у него заведомо нет узких эвристик; он их изобретает в процессе

решения и совершенствует, если приходится всерьез заниматься такими задачами.

Видный советский ученый, академик П. Анохин, считал фундаментальным свойством живого способность к «опережающему отражению действительности». Эта способность в высшей степени свойственна человеку. Основываясь на своих потребностях, желаниях и мотивах, человек самостоятельно и гибко выбирает себе цели, а уж цели ведут его к постановке конкретных задач и к изобретению способов их решения.

Член-корреспондент АН СССР Гермоген Сергеевич Поспелов и профессор Дмитрий Александрович Поспелов в совместной работе пишут: «Основная разница между человеком и ЭВМ связана с наличием у человека потребностей, желаний, мотивации своего поведения, а отсюда и способности формулировать цели, ставить задачи как желаемые, предвосхищенные результаты своей деятельности... Основываясь на этой точке зрения, мы должны отказать вычислительной машине в каком-либо человекоподобном мышлении и интеллекте и рассматривать ее как инструмент, позволяющий «эффективизировать» интеллектуальную деятельность человека».

Итак, ЭВМ — инструмент, повышающий интеллектуальную производительность человека, и не более того. Суровое ограничение; отчего понадобилось высказать его ученым, активно работающим в области Искинта?

Оттого, что основа серьезной научной работы — строгость к себе, взыскательность, желание меньше обещать и больше дать обществу. Председатель Совета по искусственному интеллекту при АН СССР Г. Поспелов, может быть, острее других исследователей понимает, что разработка программ Искинта всегда связана с упрощениями, а упрощения — с неотвратимыми и невосполнимыми потерями. Мы воспроизводим в машине только ход рассуждений человека при решении задач, воспроизводим его сознательное логическое мышление, да и то со многими издержками. А невскрытым остается подсознание человека — могучий, но глубинный пласт интеллекта. А невскрытым оказывается образное мышление — драгоценные, золотоносные жилы. А не тронута вся эмоциональная сфера личности. Негоже в этих условиях утверждать близость Искинта к человеку.

Вместо наивной антропоморфности нужно добиваться серьезной практической пользы в областях, где дру-

гие методы бессильны, а Искинт работоспособен. Одна из таких областей — управление большими системами, например, крупным морским портом. Д. Поспелов развил для подобных систем теорию гироматов.

Само слово «гиромат» придумано польским писателем-фантастом С. Лемом. По Лему, гиромат — это интеллектуальная машина, способная обнаруживать вокруг себя изменения и быстро откликаться на новизну, обучаться, меняя свое строение, приспосабливаясь к миру. Гиромат Д. Поспелова основан на особой, знаковой, модели внешнего мира, которую строит и перестраивает ЭВМ. О гиромате у нас еще будет случай поговорить подробно, а пока согласимся с Г. Поспеловым и Д. Поспеловым: между человеческим мышлением и программами Искинта огромное расстояние.

Человек удивляет нас прежде всего своей способностью решать разнообразные, очень далекие друг от друга задачи, умением войти в мир задачи, как в свой дом, любовью к необычным задачам.

Голландия. 1618 год. Волонтер Р. Декарт вместе со

своим полком находится в Бреде. Гуляя по улице, он замечает объявление. Похоже, в этом объявлении предлагается желающим для решения трудная задача (была в те времена такая мода). Р. Декарт не понимает условий задачи — он почти не знает голландского языка. Он обращается за помощью к другому ротозею. Незнакомец переводит условия задачи с голландского на латынь.

Они знакомятся. Голландец, оказывается, занимается медициной, математикой и физикой. Он подзадоривает Р. Декарта: работа переводчика должна быть оплачена, плата за услугу — решение задачи.

Задетый за живое, Р. Декарт работает, быть может, всю ночь. Утром он приносит полное решение сложной задачи.

— Я засыпал, а Вы разбудили меня! — с улыбкой говорит Р. Декарт новому своему другу.

Он имеет в виду не минувшую ночь, скорее всю свою предшествующую жизнь, когда любовь к науке и досуг не слились еще у него в страсть решать задачи и понимать, как решают задачи другие люди.

С этого дня жизнь его круто изменилась. В этот день Р. Декарту было 22 года, столько же, сколько сегодня Искинту.

У мысли стоя на часах

У МЫСЛИ СТОЯ НА ЧАСАХ...

О смертной мысли водомет,
О водомет неистощимый!
Какой закон непостижимый
Тебя стремит, тебя мятет?
Ф. Тютчев

Программы-однодумы представляют собой серьезный этап в развитии Искинта. Они многое уточнили в оценке возможностей ЭВМ, но, конечно, не исчерпали этих возможностей. Пришел черед рассказать о программе-антиподе, о решателе, берущемся за любые задачи.

Начнем со сказочной истории, казалось бы, далекой от компьютеров, со свадьбы Ивана-дурака и царевны-лягушки.

Старая, но поучительная история. Иван вернулся из дальних странствий без богатств и без коней, пешком, неся в тряпице лягушку. В тот же день он всенародно объявил, что намерен взять земноводную в жены.

Склонная к принятию благоразумных решений общественность удивлялась. Ладно, лягушка — это полбеды, не у всех жены Василисы Прекрасные, да за лягушкой ни сундука с жемчугом, ни телеги, ни квартиры, тряпица одна, хотя и тряпица не ее — бывший Иванов дорожный узелок. Но если Иван вбил себе в голову дурь, ее оттуда и колом не вышибешь.

Сыграли на другой день свадьбу. Гости справедливо прокричали «Горько!», жених поцеловал невесту, и она обратилась вдруг в царевну.

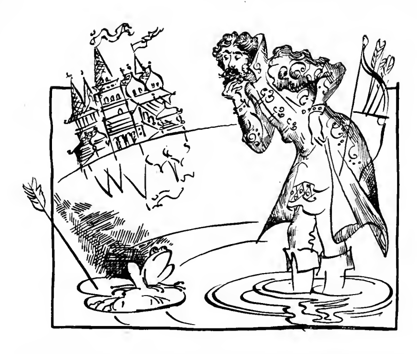
Можно сказать, здорово повезло Ивану-дураку. А можно и иначе сказать: Иван оказался проницательным решателем проблем.

Он не был верхоглядом. На каждую былинку обращал внимание, на каждую пичугу. Увидел, у дороги лягушка плачет, не отшвырнул ногой, а остановился и спросил:

— О чем плачешь, красавица?

Лягушка сначала нехотя отвечала, отрывисто, невнятно. Рассказывала она уже многим свою историю, не верит никто, чего зря болтать, только душу бередить.

Но Иван был и терпелив и коммуникабелен. Сумел у лягушки все выведать. Про то, как Кащей Бессмертный ее, нездешнюю царевну, проклял и в квакушку об-



ратил, и про то, что злое проклятие снимется с нее лишь тогда, когда добрый молодец ее в жены возьмет и на свадьбе поцелует всенародно.

Он не был легковерным. Взвесил лягушкины речи; про подлость К. Бессмертного он давно уже знал. Слыхивал Иван и про то, что Кащей торопится, деталей доделывать не любит. Потому, похоже, лягушка не квакает, а изъясняется человеческим голосом.

Голос у нее нежный, не обманный голос. И склад речей простой и приятный. Нет, не обманщица она, не аферистка придорожная, а девица заговоренная.

Может, и так было, что не от торопливости Кащей ей голос человеческий сберег, а с коварным умыслом. Без голоса как бы она про женитьбу рассказала? А без рассказа главное в Кащеевом расчете пропадет. Кащей-то на подлость людскую и на так называемый здравый смысл надеется. Мол, кто из нормальных людей на лягушке женится? Так она в лягушках и будет вековать. Потенциально она расколдоваться способна, а реально...

Нет, врешь, Кащей! Не будет по-твоему, я лягушку в жены возьму. Я ее крепко поцелую при всем честном народе, а ты уж изволь вернуть ей и красоту, и молодость, и царство...

Так, видимо, рассуждал Иван, принимая свое решение. Когда-нибудь Искинт научится мыслить, как Иван-дурак, станет способен к нетривиальным, творческим светлым и добрым решениям. Для того чтобы это случилось быстрее, нужно больше и глубже изучать человеческое мышление. Автор верит, что психология мышления человека даст много ценных и важных идей для развития Искинта, а психолог — обязательный участник группы, всерьез делающей интеллект.

Не все специалисты разделяют идею человекообразного Искинта. Р. Беллман, имя которого мы уже упоминали в связи с размытыми алгоритмами, говорит без обиняков: «Нам, безусловно, не следует копировать человеческие мыслительные способности или даже пользоваться сходными методами». Быстродействие и доступность памяти машин многократно превосходят человеческие возможности; решать на машине задачи по-человечески все равно, что стрелять из пушки по воробьям.

Нет, не подражание человеку, а свои, оригинальные, несравненно более эффективные приемы решения проблем — вот магистральная дорога для ЭВМ. Что толку в подражании? Летали бы сейчас реактивные самолеты, если бы человек ограничился подражанием птицам и непременно стремился бы освоить машущий полет? Работали бы сейчас мощные электростанции, если б человек упрямо пытался построить их по образу и подобию лошадей и быков, главных энергетических агрегатов древности? А колесо? Не было бы у человечества колес, когда б оно подражало, а не изобретало новые, невиданные в природе вещи. Таковы взгляды машиноцентристов. Люди дела, они не ограничиваются критикой, а создают новые, сугубо машинные приемы решения сложных проблем. Математическое программирование, их главное достижение, пришлось по мерке вычислительным машинам, оно работает сейчас во многих отраслях народного хозяйства и продолжает совершенствоваться. Машиноцентристы имеют серьезное право на прогноз: Искинт возникнет не в бесплодном подражании человеку, а в интенсивном развитии математического программирования.

Сторонники движения к искусственному интеллекту от человека отвергают сомнительные доводы машиноцентристов. Человек, если пользоваться выражением математиков, является «теоремой существования» для Искинта; раз существует мыслящий человек, то в принципе возможно воспроизведение мышления вне человека, в машине.

Теоремы существования, как известно, не указывают пути к цели, но человек больше, чем «теорема существования». Он еще, если перейти на язык инженеров, образцовая конструкция. В небольшом объеме помещается гибкий, обучаемый, надежный мозг. Если конструировать Искинт на уровне мировых стандартов, то нельзя обойти человека стороной. Инженерам есть чему у него поучиться, грех отказываться от копирования совершенной конструкции во имя математической чистоты.

Никто, конечно, не говорит, что человек абсолютное совершенство, недосягаемый образец. У него есть слабости — их бы поточнее изучить, тогда удастся избежать в машине. У него есть ограничения — опять-таки важно узнать, каковы они и чем вызваны: самой ли природой переработки информации или причудами эволюции, которая не шедевры создает, а жизнеспособные организмы. Знания о человеческом мышлении, пусть неполные, очень помогут конструктору Искинта. Так рассуждали А. Ньюэлл, Г. Саймон и К. Шоу, когда задумали серию экспериментов по выявлению человеческих эвристик.

Начало было скромным. Отобрали группу студентов, незнакомых с математической логикой. Предлагали каждому из них доказать одну или несколько теорем этой отрасли математики. Обращали внимание своих испытуемых: здесь не так важен результат, как ход рассуждений. Просили рассуждать вслух, не замалчивая ничего — ни колебаний, ни сомнений, ни вздорных мыслей, ни полезных идей, ни движений вперед, ни отказов от выбранного пути и возвратов вспять. Разрешали делать любые записи, стремились снять то, что на жаргоне психологов называется «напряженкой», создать непринужденную обстановку.

Потом магнитофонные протоколы решения задач и листочки с выкладками студентов тщательно обрабатывались. Исследователи искали общие для многих студентов приемы доказательства теорем, эвристики в мате-

матической логике. Потом место студентов заняла вычислительная машина; опираясь на студенческие эвристики, ученые создали для ЭВМ программу «Логик-теоретик».

Программа А. Ньюэлла, Г. Саймона и К. Шоу оказалась безупречным логиком и энергичным теоретиком: доказала 38 теорем булевой алгебры. Конечно, молодец этот «Логик-теоретик»; жаль, опять однодум, искусник в узком, замкнутом мирке, в математической логике.

Естественно задать вопрос, отчего ученые выбрали именно этот мирок? Ну, понятно, он однообразен — легче делать программу. Ну, естественно, он формализован — еще удобнее для программиста. Удобств много, а польза от него какая? Можно ли заставить «Логика-теоретика» сделать что-то практическое?

Кажется, и пробовать не стоит. Абстрактный и бесцветный, бродит «Логик-теоретик» на дальней окраине математики, никак не касаясь практических дел. Но в его абстрактности и в его бесцветности есть серьезные достоинства.

Абстрактный — значит подчиненный правилам формальной логики, законам исчисления предикатов. Это исчисление, конечно, далеко не исчисление человеческих мыслей, но кое-что, но некоторые черты, но серьезные оттенки человеческого мышления уловлены им верно, формализованы, превращены в алгебру. И потому средствами исчисления предикатов удается описать условия многих практических задач.

Бесцветный — значит не окрашенный в собственные цвета каждой задачи, значит, не однодум. Эвристики, добытые при доказательстве логических теорем, не узкие, как эвристики САИНТа, а общие, широкие, способные браться за разные задачи, описанные языком исчисления предикатов.

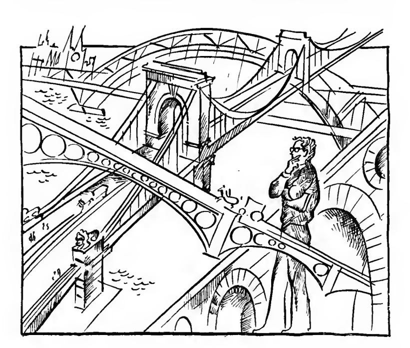
Абстрактность и бесцветность «Логика-теоретика» не уход от мышления человека, а приближение к нему настолько, насколько позволяет нынешняя математика. Кроме доказательства 38 теорем булевой алгебры, «Логик-теоретик» принес 39-е доказательство: наметил дорогу, по которой от программ-однодумов можно перейти к программам Искинта, решающим разные задачи. «Логик-теоретик» стал пробным камнем в поисках «Общего Решателя Задач».

Согласитесь, читатель, название новой программы

выглядит странно. Что значит «общий» — принадлежащий всем, что ли? Нет, конечно, это ошибка перевода с английского языка на русский, ошибка, прижившаяся, ставшая привычной в специальной литературе. На самом деле А. Ньюэлл, Г. Саймон и К. Шоу назвали свою программу решателем всяких задач, или, если угодно, любых задач.

Итак, «решатель любых задач»! Теперь правильно, но длинно, целых три слова; переставим эти слова и, сократив, получим: ЛЮБОЗАР — ЛЮБой ЗАдачи Решатель. Надеюсь, читатель простит эту вольность; имя ЛЮБОЗАР мне нравится, в нем и любовь, и заря, и мужество.

ЛЮБОЗАР действительно решает непохожие друг на друга задачи. Интегрирует функции, перестраивает «Ханойскую башню», доказывает теоремы булевой алгебры (эту способность он явно унаследовал от «Логика-теоретика»), проводит грамматический разбор английских предложений. ЛЮБОЗАР — свой человек в мире головоломок; задачи о кувшинах с водой, трех монетах, отце



и сыновьях, миссионерах и людоедах — он раскусил их все.

Храбро взялся он и за знаменитую задачу о семи кенигсбергских мостах. Откуда ему, рожденному в наши дни, знать, что этими мостами в 1736 году интересовался знаменитый математик Л. Эйлер?

Задача была сугубо практической. Город Кенигсберг пересекает река Прегель, омывающая остров Кнейпхоф; через реку переброшено семь мостов. Может ли пешеход обойти все мосты один за другим, пройдя по каждому только один раз? Жители Кенигсберга, говорят, пытались решить эту задачу и головой и ногами, но тщетно. И обратились за помощью к Л. Эйлеру.

Ученый доказал, что экскурсия по семи мостам невозможна. Но ЛЮБОЗАР ничего не знал про неразрешимость задачи. Он трудился изо всех сил, нашел два маршрута по шести мостам, а по семи, естественно, ни одного. Память ЭВМ переполнилась, ЛЮБОЗАР изнемог и сдался, отпечатав: «Исчерпаны все методы для всех целей. Неуспех». О каких методах он говорит? И о каких целях?

Пора, по нашему обыкновению, проникнуть внутрь программы.

Главными ее шестернями служат четыре эвристики, которые авторы назвали методами. Четыре метода у ЛЮБОЗАРа, и каждый из них достоин отдельного рассказа.

Метод первый: «Действую!» Он самый простой и самый прямолинейный из всех любозаровских методов. Когда к данной ситуации можно применить какие-нибудь действия, известные программе, она непременно это сделает. Уточним наше «можно применить». Вспомним, ЭВМ перерабатывает «слова» и ничего, кроме «слов». Один из видов машинной переработки — сличение двух «слов». Пусть первое из «слов» описывает задачную ситуацию (начальную или промежуточную), а второе — стартовые условия для применения данного действия. Если эти два «слова» побуквенно совпадают, действие совершается, а если нет, то ничего не происходит. Например, если первое «слово» выглядит так: «человек стоит возле моста», а второе «слово» так: «возле моста стоит человек», то ЭВМ считает их разными «словами». Получается уж чересчур жестко и тупо; чтобы хоть немного смягчить неловкость, авторы ЛЮБОЗАРа

включили в программу преобразователь «слов» в стандартную форму. Он причесывает «слова» на один фасон и после этого шлет их на сличение. В нашем примере действие совершится, ибо по сути оба «слова» одинаковы.

Написал я «по сути» и испугался. Никогда не надо забывать, что ЭВМ не понимает «сути»; сличить стандартные формы — пожалуйста, если «суть» заключена в этом — отлично; но если в понятии «суть» скрыто еще что-то туманное, то машине это невдомек и недосуг.

Второй метод ЛЮБОЗАРа мы назовем «Уменьшаю различия!». С его помощью машина стремится приблизиться к решению задачи. Она перебирает действия одно за другим и примеряет их к сложившейся ситуации. Если какое-то из действий производит положительный эффект, машина немедленно переходит к методу «Действую!». Старая ситуация сменяется новой, более благоприятной.

Третий метод ЛЮБОЗАРа — «Преобразую!». Он перестраивает, переделывает, перелицовывает ситуации. Была, положим, ситуация «пройден третий мост», а машина стремится переделать ее в ситуацию «пройден пятый мост». Она сличает эти две ситуации и выясняет, в чем состоят различия. Потом стремится стереть различия, пользуясь методом «Действую!». Если сразу не выходит, пытается хотя бы сократить различия, пуская в дело метод «Уменьшаю различия!», в результате чего удается перейти, скажем, от ситуации «пройден третий мост» к ситуации «пройден четвертый мост».

Прогресс налицо, и метод «Преобразую!» пытается идти дальше. Получится, машина вновь уменьшит различия и, чем черт не шутит, через несколько шагов сотрет вовсе, а не получится, что ж, выходит, метод «Преобразую!» здесь бессилен. Беда еще невелика, поскольку ЛЮБОЗАР владеет четвертым методом.

«Пренебрегаю мелочами, штурмую главное!» — вот девиз этого метода. Руководимая им машина отбрасывает некоторые черты рассматриваемой ситуации, отвлекается от мелочей и возникает новая — абстрактная — ситуация. Работа ведется теперь с этой абстрактной ситуацией, обычная работа ЛЮБОЗАРа, состоящая в разнообразных применениях трех других его методов для уменьшения и стирания различий. Когда он сотрет их, уничтожит различия, что же получится? Опять абстракт-

ная ситуация, пусть замечательная, но абстрактная. Нужно опустить ее с неба на землю, вернуться к живой задаче, и ЛЮБОЗАР это делает.

Помните, решая задачу о кенигсбергских мостах, ЛЮБОЗАР напечатал: «Исчерпаны все методы для всех целей»? Теперь понятно, о каких методах речь. Методы ЛЮБОЗАРа, его золотой фонд — это эвристики, применимые для любых задач, пригодные на все случаи жизни.

А цели? Как обстоит дело с целями?

Присмотримся к ходу рассуждений программы. Вообразим, что к ней обратился некий молодой человек и попросил помочь ему жениться на кинозвезде. ЛЮБОЗАР, узнав у юноши все необходимые подробности, принимается рассуждать примерно так: «Я хочу жениться на кинозвезде. В чем различие между желаемым и действительным? В том, что кинозвезда меня не любит. Как сократить это различие? Понравиться девушке. Но нельзя понравиться, не познакомившись. Значит, моя цель — познакомиться. А средства к достижению цели? Пожалуй, справочное бюро; узнаю там адрес и буду бродить под ее окнами, пока она случайно не выйдет. Она-то выйдет, но хватит ли у меня смелости? Ой нет! Парни, не робеющие познакомиться на улице с девушкой, да еще с кинозвездой, и ростом повыше, и выглядят получше, чем я. Надо ликвидировать различия. В росте — куплю туфли на платформе; во внешности — побреюсь, а то зарос, как полярник. Остается одно различие: они смелые, а я стесняюсь, не могу вдруг подойти к незнакомому человеку, думаю, что неинтересен ему. Как побороть стеснение? Попытаюсь прежде познакомиться хоть с какой-нибудь девушкой».

Ход рассуждения ЛЮБОЗАРа можно назвать анализом целей и средств. От главной своей цели, так сказать суперцели, программа переходит к средствам для ее достижения. Средства, если их нет у нас в руках, если для приобретения их приходится тратить умственные усилия, сами становятся целями более низкого, чем суперцель, уровня. Для достижения их требуются свои средства, и опять нет гарантии, что они доступны просто так. Значит, появляются подцели, и для них выискиваются подходящие средства.

Вся эта перемена целей, вся эта обрастающая подробностями работа приводит в конце концов к элемен-

тарным целям, для достижения которых у нас средства есть.

Итак, от целей к средствам, преодолевая различия! Вы заметили, что ЛЮБОЗАР неравнодушен к различиям. Он только тем и занят, что выясняет, где различия и каковы они.

Своей склонностью к различиям ЛЮБОЗАР похож на каждого из нас.

Девушка перед зеркалом занимается своим туалетом. Еще чуть-чуть туши на ресницы, теперь тени на веки погуще, слегка тронем губы алым карандашом — готово, цель достигнута. Откуда она знает, что все в порядке? Видимо, в ее голове хранится эталон, с которым она и сравнивает свое лицо, глядя в зеркало. Сравнивает, находит различия и умело их ликвидирует.

Скульптор перед глыбой мрамора. Он задумал изваять Нежность. Между его замыслом и неоформленной глыбой есть глубокие различия, и он устраняет эти различия, выбирая своими инструментами лишний мрамор. Исчезают постепенно различия, и является миру Нежность, похожая на нашу девушку, или на воды теплого моря, или на созвездия в морозном ночном небе — только художник знает, на что это будет похоже.

Плановик в главке перед своими ведомостями. Составить план работы отрасли — не до нежностей тут. Одни различия, да какие жестокие! Ну включу я заводу M в план погремушку, и он из прорыва выйдет, зато платиновая дробь вся израсходуется, и завод станет отгружать атомникам ураноразделительные сита без платиновой дроби. Засорятся сита, а прочистить нечем, рекламации пойдут. Как избежать жалоб, как добиться, чтобы и завод M, и завод N, и эта развалина, завод P, были максимально и полезно загружены? Каковы различия и как их сгладить?

Люди — решатели задач — знают обычно, с какого рода различиями им придется иметь дело в данной задаче и какого сорта различия они встретят в иной житейской проблеме.

ЛЮБОЗАРу тоже необходимо знание различий, особый перечень различий для каждой задачи. Давайте посмотрим, каков этот перечень в задаче «Обезьяна и бананы».

Условия задачи: «В углу клетки, где находится обезьяна, лежит ящик. Под потолком клетки подвешен

пучок бананов. Обезьяна может схватить их, только если будет стоять на ящике под ними. Как поступить обезьяне, чтобы достать бананы?».

Задача «Обезьяна и бананы» относится к числу самых популярных в арсенале разработчиков искусственного интеллекта задач. О причинах популярности ее мы поговорим позже, пока просто посмотрим, каковы различия, характерные для нее.

Различия здесь представляют собой просто расстояния: между рукой обезьяны и бананами, между положением ящика и местом подвески бананов, между обезьяной и ящиком. Мы расположили эти три различия в порядке убывающей трудности: поначалу обезьяне легче всего подойти к ящику, а труднее всего схватить бананы.

ЛЮБОЗАР сглаживает различия, производит разумные действия. В этом он тоже сходен с человеком. В житейских ситуациях мы обычно знаем, какого рода действия уместны оправданы, а какие запрещены или бессмысленны. Скажем, если хочешь иметь бананы, уместно взять их рукой, но совсем неуместно запеть во весь голос.

В отличие от человека ЛЮБОЗАР не имеет житейского опыта, он не жил в реальном мире и этим похож на новорожденного ребенка. Один из создателей ЛЮБОЗАРа Г. Саймон пишет: «Если не считать нескольких врожденных рефлексов, у новорожденного нет средств для разумного увязывания информации от органов чувств с действиями. Поэтому для его начального обучения очень важно, чтобы он узнал, что определенные действия или последовательности действий приведут к изменению состояния мира в том виде, в каком он его воспринимает. И пока он не накопил достаточно таких знаний, для него мир чувств и мир действий — два отдельных, совершенно не связанных между собой мира. И только по мере того как опыт помогает ему увязать элементы одного мира с другим, он получает возможность воздействовать на мир целенаправленно».

Чтобы решать задачу, ЛЮБОЗАР, кроме перечня различий, должен располагать еще перечнем допустимых действий. В задаче «Обезьяна и бананы» их четыре: идти, передвинуть ящик, залезть и схватить бананы.

Мало перечислить различия и действия, нужно еще связать их между собой так, как они связаны в реаль-

ном мире. В ЛЮБОЗАРе для этого предусмотрена таблица связей, в которой пересекаются действия и различия.

Таблица связей указывает, какое действие уменьшает данное различие, а какое не имеет ни малейшего к нему отношения. Без этой таблицы ЛЮБОЗАР применял бы свои действия наобум, как младенец; с этой таблицей он ближе к предусмотрительному взрослому человеку.

В задаче «Обезьяна и бананы» действие «залезть», например, связано только с различием между обезьяной и ящиком. Впрочем, давая ЛЮБОЗАРу эту задачу, программисты решили немного его запутать, поставили во всех клетках в таблице связей кресты, то есть сказали машине: «Все действия желательны для уменьшения всех различий».

Итак, мы задаем программе перечень различий и действий, а также таблицу связей, свойственных данной задаче. Еще мы указываем ей условия задачи, исходное положение, начальную ситуацию и необходимый результат, конечное положение, желанную цель.

Вот и все, что знает ЛЮБОЗАР. Теперь его выход, его роль.

Он принимается выяснять, получит ли обезьяна бананы, пуская в ход три своих излюбленных метода. Имя первого из них «Преобразую!», имя второго метода «Уменьшаю различия!», третий метод называется «Действую!».

Позвольте мне изложить ход решения задачи «Обезьяна и бананы» подробно, ибо здесь мы проникаем в святая святых Искинта. Итак, пунктуальный репортаж.

1. ЛЮБОЗАР сразу пытается достичь конечную цель — отдать бананы обезьяне в руки. Он использует метод «Преобразую!». Машина сличает две ситуации — начальную и конечную, и выделяет, в чем состоят различия: руки обезьяны пусты, а должны быть с бананами.

2. Программа устанавливает, что это самое трудное различие, следовательно, начинать надо с него; новая цель: уменьшить его.

3. Применяется метод «Уменьшаю различия!». С его помощью машина испытывает действие «схватить бананы». Не получается, неприменимо действие. По-человечески говоря, некому хватать эти бананы, а по-машинному — не соблюдены условия применения.

4. Делать нечего, программа берется за более легкое различие: есть — «положение ящика в углу клетки», а должно быть — «положение ящика под бананами».

5. ЛЮБОЗАР пытается уменьшить различие действием — «передвинуть ящик». Не получается, опять неприменимо действие, опять не соблюдены условия.

6. Программа не унывает. Есть еще различие между положениями обезьяны и ящика. Может, хоть оно поддастся?

7. ЛЮБОЗАР прилагает к исходной ситуации действие «идти», идти обезьяне к ящику. Наконец-то получилось: суровые условия применимости оператора соблюдены. В результате работает метод «Действуй!» и возникает новая ситуация: обезьяна стоит у ящика.

8. ЛЮБОЗАР помнит, конечно, все свои предыдущие шаги и берет реванш за неуспехи. На шаге 5 не представилось возможным передвинуть ящик, а теперь как? Теперь условия применения соблюдены, значит, «Действую!». И ящик вместе с обезьяной оказывается под бананом.

9. Шаг 3 тоже был неуспешным, зато теперь... К сожалению, и теперь ЛЮБОЗАР испытывает неудачу: действие «схватить банан» по-прежнему неуместно, не созрели условия.

10. Какое различие еще сохранилось? Расстояние между руками обезьяны и бананами. Вот что надо свести к нулю!

11. ЛЮБОЗАР применяет действие «залезть». Удачно. Обезьяна оказывается на ящике, расстояние между ее рукой и бананами исчезло.

12. Теперь возврат к шагу 3. Обезьяне удается «схватить бананы».

13. И тем самым обеспечен возврат к шагу 1 не только с бананами, но и с решением задачи в руках.

Решение задачи таково: обезьяна должна подойти к ящику, передвинуть ящик, залезть на него и схватить бананы.

Вполне вероятно, что читатели испытывают в этом месте рассказа глубокое разочарование. Задача-то совершенно пустяковая, любой человек решает ее мгновенно, безо всякого труда, а хваленый ЛЮБОЗАР разводит турусы на колесах. Да ему почти все было известно заранее. Его, как старинную пушку, целый час с дула заряжали: и различия туда засыпали, и действия

заложили, и таблицу связей, всю в крестах, не забыли. А как пришлось стрелять — один дым!

Автор и сам смущен. Но по человеческой своей слабости тут же принимается искать оправдания бедному ЛЮБОЗАРу.

Спору нет, программе были известны и различия и действия, но она сама сумела выстроить единственно разумную цепочку. Не разбросала обезьяну и ящик по разным углам клетки, не заставила обезьяну лезть на ящик в месте, далеком от бананов, и многого другого избежала.

ЛЮБОЗАР вырастил дерево целей для задачи «Обезьяна и бананы», точно такое же, какое САИНТ порождала для задач интегрирования. И отсек лишние ветви на этом дереве, превратил пышное ветвеобильное дерево в бамбук — прямолинейный коленчатый ствол, ведущий к успеху.

ЛЮБОЗАР вырастил бамбук для обезьяны. Надо сказать, что обезьяна и бананы входят в знаменитую задачу лишь для шутки. Речь вовсе не о них, а о роботе и кирпичах. Представьте себе вместо обезьяны тележку-робот, а вместо бананов — кирпич, который лежит на высокой платформе. В помещении есть еще наклонная плоскость, как в клетке обезьяны был ящик.

Цель робота — столкнуть кирпич с платформы на пол, но он не может добиться цели из-за того, что платформа выше тележки-робота. Если подтолкнуть наклонную плоскость к платформе и въехать на платформу, тогда... В общем, перед нами переработанная задача «Обезьяна и бананы».

ЛЮБОЗАР наверняка решит эту задачу и многие другие ей подобные. ЛЮБОЗАР сможет руководить роботом, переходящим из помещения в помещение, складывающим различные детали, роботом-сборщиком, причем он сам составит последовательность сборки нового изделия, как составлял другие последовательности действий. ЛЮБОЗАР в роли робота в цехе, на стройке, в шахте, под водой, даже на других планетах. Дух захватывает от этой перспективы!

Перед моим мысленным взором уже несколько лет, не забываясь и не тускнея, проходят кадры кинофильма, совсем не художественного и даже не профессионально сделанного документального фильма, а короткой люби-

тельской ленты, снятой сотрудниками Института прикладной математики.

По экрану шагало насекомое, состоящее из бруска-тела, шарика-головки и шести ног. Каждая его нога представляла собой две палочки, связанные точкой-суставом. Рисованное насекомое аккуратно двигалось к цели, преодолевая возвышенности и провалы, обходя болота и пропасти, тоже нарисованные на экране. «Что же тут удивительного? — спросите вы. — Примитивный мультипликат, не более».

О нет! Это лишь внешне похоже на мультипликат, а внутренне... Насекомое на экране рисует ЭВМ, в которую заложено описание различных местностей и алгоритм действия многоногого транспортного механизма. Там, в недрах компьютера, механизм двигается по местности, попадает в затруднительные положения, находит выходы из них, там воспроизводится (моделируется) живая жизнь. А здесь появляются результаты расчетов, только оформлены они по-новому — не в виде столбцов цифр, а в виде подвижных картин на экране дисплея. Зачем такое оформление? Для внешнего эффекта?

Вовсе нет. Картины на дисплее нужны для диалога конструктора с ЭВМ. Конструктор по своей воле усложняет обстановку, создает критические условия. Он может нагрузить аппарат, а может пустить его шагать налегке. Он вправе даже изменить походку аппарата, сделать ее симметричной или асимметричной, велеть двигаться «след в след» или «трешками».

Наблюдая за движениями аппарата, человек выявляет слабости и ограничения в алгоритме его действия. Вот аппарат недопустимо накренился, а вот ноги его застряли в расселине. Стоп! Отметим, в какой обстановке это случилось, и пойдем дальше. Загоним теперь его в болото...

С помощью ЭВМ, в диалоге с компьютером, конструктор проводит испытания еще не изготовленного робота! Этим удивил, даже потряс меня давний фильм.

Исследования шагающих транспортных механизмов возглавляет член-корреспондент АН СССР Дмитрий Евгеньевич Охоцимский. В изящной постановке задачи, в мастерском использовании диалога человека с ЭВМ ви-

ден его стиль научного мышлення. Сегодня работы далеко продвинулнсь вперед — робот из рнсованного стал реальным, его проверяют на натуре. Прндет время, и он будет уверенно шагать по пересеченной местности Марса нли Юпитера, неся на борту вычнслительную машнну, в которую заложено семейство алгорнтмов его движения.

Ходить — казалось бы, простая, совсем трнвиальная работа; знай шевелн конечностями. Исследования Д. Охоцнмского н его сотруднков выявилн, что такое мненне глубоко ошибочно. Хорошнй алгоритм ходьбы состоит в управленнн каждой конечностью, в координацин действня ног, в оценке места для постановкн каждой ноги, в выборе походки и в прокладке общей трассы двнження. Все это сложные нтеллектуальные операцин; правда, мы, людн, совершаем нх автоматнчески, не осознавая свонх действнй.

Чтобы установить подлнннную сложность задачн ходьбы, лучше всего напнсать алгорнтмы двнження, превратнть нх в машинные программы н проверить в деле. Здесь Искинт, решая собственные проблемы, одновременно помогает физиологии и пснхологии — ситуацня, с которой мы еще не раз встретнмся в этой кнnге.

Пока же возьмем на заметку: робот научен разумно ходнть, ЛЮБОЗАР может прнказывать ему, куда ндтн н что брать, робот добросовестно выполнит прнказанне. Вообще последнее десятнлетие ознаменовалось быстрым развнтнем роботехникн. Роботы могут и должны выполнить в нашем обществе важнейшую соцнальную функцню: освободнть людей от труда под землей, в заболоченных местностях, на пронзводствах, где условия вредны для здоровья человека нлн опасны для его жизни. XXV съезд КПСС нацелнл советских ученых на решение этой проблемы, н она успешно решается.

У роботов есть и другая благородная задача — освободнть людей от монотонной, нзнуряющей работы на конвейерах массовых производств. Онн станут сборщиками автомобнлей н телевизоров, тракторов и холоднльннков, самолетов н часов. Мне кажется, без ЛЮБОЗАРа здесь не обойтись; он достоин своего нменн: он многогранный, разноплановый, многоцелевой решатель. Нет, он не однодум!

Есть давняя мечта у ученых: найти в хитросплете-

ниях человеческой мысли основные ее принципы; ученым хочется верить, что принципов не так много и что каждый из них «на все мысли мастер». ЛЮБОЗАР — вклад нашего времени в исполнение этой мечты.

Четыре метода держат ЛЮБОЗАР на плаву. Методы тщательно отобраны; чтобы решать многие задачи, необходимо и достаточно этих четырех приемов — таков главный вывод, полученный в результате испытаний ЛЮБОЗАРа. Он оказал серьезное влияние на создателей многих программ Искинта; признают ли они этот факт, или скрывают, но в их программах видна родственная близость к ЛЮБОЗАРу. Специалисты называют ЛЮБОЗАР мощной, изощренной, уникальной программой.

Все это справедливо, но прежде всего ЛЮБОЗАР — смелая программа. Какой отвагой надо обладать, чтобы броситься в безбрежный океан задач на плоту из четырех эвристик!

Четыре крепкие эвристики преодолевают различия, иногда быстро, а чаще ценой труда и времени. Чтобы вручить обезьяне банан, ЛЮБОЗАР трудился 4 минуты, взять несложный интеграл удалось ему лишь через 3 минуты.

ЛЮБОЗАР не однодум, он тугодум.

Изобретателям программы не удалось приблизиться к человеческому мышлению по времени решения задач — явный признак того, что ЛЮБОЗАР еще не ключ к нашему мозгу.

Нет, не ключ, ибо некоторые посильные для человека задачи ЛЮБОЗАР решить не способен. Он был бы всемогущ, если б любое решение складывалось наподобие детского домика из деревянных деталей.

Архитектор детских домиков уверен в прочности своих деталей. Ему никогда не придет в голову, что установка ступенек способна изменить форму трубы, свернув ее калачом, или что монтаж крыши вызовет самопроизвольное размножение окон и гибель крылечек. Такое невероятно, детали домика независимы друг от друга, мир домостроения основан на сложении или вычитании его «кубиков»; это, говоря языком математики, аддитивный мир.

ЛЮБОЗАР — царь аддитивных миров. Он отступает перед неаддитивностью.

Стрелочник направил встречные поезда по одной колее, поезда стремительно сближаются, сталкиваются, складываются. Достигнут, казалось бы, идеал аддитивности, но вместо нового гармонического сооружения — сверхпоезда, населенного сверхлюдьми, — мы видим развалины, мы слышим стоны жертв, и пожар пожирает обломки тепловозов.

Поезда, столь аддитивные, когда их собирают из отдельных вагонов на станции отправления, трагически неаддитивны, когда их заставляют сталкиваться друг с другом. Поезд ЛЮБОЗАРа — это собранная им последовательность решения задачи, вагоны ЛЮБОЗАРа — его отдельные действия. Побочные эффекты — его главные враги.

Побочный эффект от некоторого действия меняет ситуацию настолько, что следующее действие, обычно подходящее, становится бесполезным, а то и вредным. Вы, положим, приняли лекарство от простуды, насморк и кашель быстро исчезли, и можно было бы направиться на работу. Но от лекарств сильно стало болеть сердце, идти на работу не только бессмысленно, а даже опасно. Побочный эффект свел на нет положительное действие лекарства, усугубил болезнь. Если говорить языком ЛЮБОЗАРа — число различий не уменьшилось, а выросло, условия применимости операторов нарушились, программа увязла в болоте неаддитивности.

Реальный мир, в котором мы живем, предстает перед нами то аддитивным, то неаддитивным. Обличья мира зависят от того, какова задача, что для нас существенно, а что второстепенно, какие эффекты важны, а какими можно пренебречь, не потеряв главного. ЛЮБОЗАР решает только проблемы аддитивного мира, да и то тщательно приготовленные, препарированные человеком. Слабости ЛЮБОЗАРа перед нами как на ладони: он незадачлив, простоват, медлителен. Среди специалистов по Искинту ходят упорные слухи о том, что авторы ЛЮБОЗАРа поставили перед ним задачу о совершенствовании самого себя. По словам одних, ЛЮБОЗАР не решил этой задачи, ибо, не ведая того, оказался в неаддитивном мире.

Другие говорят, что программа задачу самоусовершенствования решила, сообщив, что ЛЮБОЗАР — предел совершенства. Смешно, но это правда, он совершен-

ство в своем роде. Авторы программы после всесторонних ее испытаний пришли к такому заключению: «Чтобы добиться чего-нибудь существенно нового, нужно придумать совсем другие принципы и написать совсем другую программу».

Авторы ЛЮБОЗАРа отдали своему детищу 14 лет жизни, упорно совершенствуя прекрасно задуманную программу. То уточняли способ изложения задачи, то меняли очередность и степень включения в работу эвристик. И все время сопоставляли действия ЛЮБОЗАРа с решениями людей. Тем не менее они не добились полного успеха. Человеческое мышление ускользнуло из ловушки.

Нашей
жизни
тео~
ремы

НАШЕЙ ЖИЗНИ ТЕОРЕМЫ

Скоро мыслию по древу
Будут соки растекаться.
Скоро, скоро! Потерпите,
Не спешите разбегаться.
Вл. Соколов

Попробуем отказаться от ненадежной психологии в пользу строгой математики. Превратим жизненные проблемы в теоремы. Может быть, на этом пути удастся создать подлинный решатель любых задач?

Там, в геометрии, фигуры подчинены строгим законам; каков бы ни был треугольник, маленький или большой, равносторонний или разносторонний, подтянуто-прямоугольный или небрежно-тупоугольный, — в любом треугольнике сумма внутренних углов составляет 180 градусов. Видимо, и в житейской суете, в столкновении наших мыслей тоже возникают фигуры, тоже обозначаются углы, подвластные своим теоремам.

Я помню, какое сильное впечатление на меня, школьника, случайно прочитавшего томик философа Спинозы, произвела эта неожиданная и дерзкая идея. Мне казалось, что он отлил в строгие формы теорем не только наши мысли, но и душевные движения, но и эмоции, но и страсти — любовь и ненависть, дружбу и вражду, симпатии и антипатии. Противоречивые, хаотические, смутные, неуловимые, они приобрели под его пером изящную логическую форму: если... то... иначе...

«Если мы воображаем, что кто-либо причиняет удовольствие предмету, который мы ненавидим, то мы будем и его ненавидеть. Наоборот, если мы воображаем, что он причиняет этому предмету неудовольствие, мы будем любить его».

Ах, как славно теоремы Спинозы вписывались в школьные ситуации, как странно и неожиданно переплетались они со школьными уроками геометрии! Значительно позже, уже занимаясь вычислительными машинами, я осознал, что Спиноза в тех теоремах вовсе не создал исчисление эмоций. Для своих идей он выбрал внешнюю форму теорем, как выбирает поэт форму сонета или баллады.

И все же... Все же мысль обратить описания жизнен-

ных ситуаций в теоремы слишком соблазнительна, чтобы отказаться от нее. Максимы Спинозы логичны; и не в отсутствии логики их слабость. Их беда в другом. Изложенные на естественном, непринужденном, многоликом языке, они, увы, недоступны вычислительным машинам.

Совсем не таковы задачи, решаемые ЛЮБОЗАРом. Здесь условия заданы на однозначном языке математики, в виде формул исчисления предикатов. Искомая цель тоже предикатная запись. И, значит, есть «дано», есть «требуется доказать», есть настоящие теоремы.

Есть теоремы, нужен метод машинного их доказательства, алгоритм, способный доказать или опровергнуть любую теорему в узком исчислении предикатов. Такой алгоритм придуман недавно, и опробован, и работает безупречно. Он называется *«метод резолюции»*.

Слово «резолюция» используется нами обычно в двух близких друг другу смыслах. Первый смысл хорошо выражен во фразе: «Собрание приняло резолюцию»; значит, не просто поговорили и разошлись, а выработали коллективное решение.

Второй смысл слова «резолюция» очевиден из предложения: «На моем заявлении начальник наложил резолюцию». Здесь «резолюция» — заключение ответственного лица, она и короче коллективной резолюции, и касается более узкого вопроса. В обоих случаях русское слово «резолюция» означает нечто законченное, готовое, продукт решения.

В латинском корне этого слова скрыт не только результат, но и действие, содержится процесс решения задачи, ход разрешения трудностей, последовательность получения заключений.

Резолюция в Искинте — это приспособленный к машине, подогнанный по ее мерке порядок логических решений, маршрут движения от исходных логических понятий к конечным выводам. Столбиками, отметками на маршруте являются резольвенты. Каждая из них извлекается из двух посылок; ее можно сравнить с общим знаменателем двух дробей или с касательной к двум окружностям, или со сплавом двух металлов, с бронзой времен Фидия и Аристотеля.

Аристотель имеет к резолюции и к резольвентам самое непосредственное отношение, ибо они дальние потомки аристотелевских умозаключений (силлогизмов).

Помните знаменитое умозаключение: «Все люди смертны. Сократ — человек. Следовательно, Сократ смертен». Аристотель исследовал законы подобных умозаключений и предложил правила, по которым проверяется добротность силлогизма, выявляются скрытые ошибки, облегчается ведение споров

У силлогизмов оказалась странная судьба. Нет, их не забыли навсегда после смерти Аристотеля. Наоборот, средневековые ученые всячески их лелеяли и развивали, обогащали тысячами примеров и контрпримеров, перекладывали в стихи, чтобы облегчить запоминание студентам. Средневековый студент давал только клятву, что выучил арифметику и геометрию, а по силлогизмам был жестокий экзамен; тут клятве не верили — требовали безупречных знаний.

В средневековой науке силлогизмы заняли королевское место. Их познание и применение, чаще всего в богословских спорах, вытесняло познание природы.

Вот почему ученые нового времени, враги средневековой схоластики, обрушили весь свой сарказм и нена-

внсть на бедиые аристотелевскне снллогнзмы. Для них силлогизмы н пустопорожняя болтовня были сннонимамн.

Р. Декарт так определнл роль снллогизмов: они служат для того, «чтобы говорнть без смысла о неизвестных вещах, вместо того чтобы познавать нх».

Бесславио ушлн снллогизмы с авансцены науки и занималн скромное место в учебннках логики, пока не явнлась кнбернетнка, не извлекла нх оттуда, не осветила новым н ярким светом.

Что речь ндет о «неизвестных вещах» — беда исправнмая. Еслн начннку для снллогнзмов, их посылкн готовят не профаны, а серьезные ученые, то в пнрог войдут самые иовые и достовериые факты опытной науки.

Что речь ндет «без смысла», строго формально, так это в определенном смысле даже лучше: только строго формальная днета пропнсана вычнслнтельной машине; поннмать «по смыслу» она ие умеет.

Главная беда арнстотелевскнх снллогнзмов в другом — в нх иеподвнжиостн, в ждущем, сторожащем, вахтерском, что лн, характере. Онн совсем ие нщут новых ндей, никак не участвуют в рожденнн новых мыслей, а служат лнппь шаблонамн для проверкн готовых умозаключеиий: это по мерке, а это нет. Мертвые слепки вместо живых, переменчивых, развнвающнхся решеннй.

Прндать снллогнзмам двнжеине, эиергию, рыцарскую храбрость хотел дерзкий н несчастный Раймунд Луллнй.

Почти до 30 лет Р. Луллнй был придворным у арагоиского короля Иакова, сочинял иеплохне стнхн, ухажнвал за дамами. В 1263 году прнключнлась с ннм памятная исторня.

Верхом он преследовал очаровательную молодую женщиину, отпуская в ее адрес веселые н иескромные комплнменты Женщина шла в церковь, а Р. Луллий настолько увлекся, что въехал в храм вслед за нею иа коне. Дама с негодоваинем остановила рыцаря н сказала:

— Вы хотнте вндеть мою грудь, которой посвятили столько красочных эпитетов в своих сонетах? Ну что же, я могу доставнть вам это удовольствие!

И женщниа сброснла мантилью. Грудь ее оказалась пораженной кровоточащимн язвами.

Р. Луллий нспытал страшиое потрясенне. Ои отказался от светских удовольствнй и ушел в монахн, чтобы

стать ученым, чтобы изобрести лекарство против всех человеческих недугов.

В тиши монастыря он понял, что изобретение универсального лекарства в высшей степени богоугодное дело, но еще важнее изобрести всеобщие приемы изобретения любых вещей, единые способы получения новых знаний.

Р. Луллий создал «Великое искусство», которое один из переводчиков его манускрипта на русский язык (перевод был сделан в XVII веке) назвал «ароматоуханным гроздеполезным овощем», — лучше, пожалуй, и не скажешь!

Принцип Р. Луллия состоял в следующем. В каждой отрасли знания имеется небольшое число основных идей. Составив все возможные комбинации этих идей, мы получим все знания, доступные ограниченному человеческому уму. Он построил особую машину для комбинирования знаний. Машина представляла собой несколько вложенных друг в друга кругов с нанесенными на их борта символами понятий. Круги вращались друг относительно друга, понятия то совмещались, то расходились. Они были разноцветными, эти круги из пергамента, они создавали вокруг «великого искусства» Р. Луллия ореол таинственности и непостижимости.

Монах Р. Луллий был упорным проповедником истинной веры. Трижды отправлялся он в Африку, обращая в христианство местных магометан. Тем, видимо, это пришлось в конце концов не по вкусу. «Умер мучеником», — скупо сообщает церковная хроника о Р. Луллии.

Из многочисленных последователей Р. Луллия назовем Джордано Бруно, посвятившего теории и машине арагонского монаха целую книгу. Книгу эту читал, быть может, Свифт, во всяком случае, логическая машина, которую увидел Гулливер в лапутянской академии, — родная сестра разноцветных кругов Р. Луллия.

Академики в Лапуту заменили круги осями, на которые насадили кубики со словами. По команде учителя сорок его аспирантов вращали ручки осей, слова перемещались, возникали словосочетания, даже предложения, которые четверо самых талантливых учеников исправно записывали в особые книги.

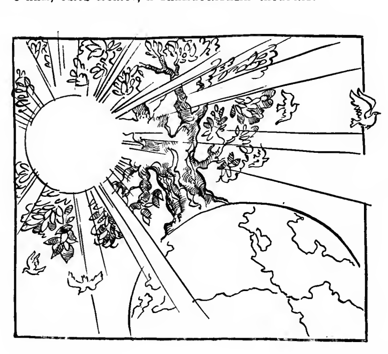
Гулливеру объяснили, что это первый, самый важный этап исследований. На втором этапе предполагалась более легкая работа — сформировать из найденных слов исчерпывающие книги по всем областям знания.

Погодите смеяться, уважаемый читатель, алгоритм резолюции для вычислительных машин устроен подобным образом. Он потомок идей Аристотеля и Луллия; от Аристотеля взята строгость и полнота силлогизмов, от Луллия — живой, бойкий, деятельный, активный характер.

Резолюция не ждет, чтобы откуда-то принесли доводы-посылки для умозаключения, она сама их находит в условиях теоремы, сама собирает в пары. Резолюция не надеется, чтобы кто-то сделал очередной вывод, она сама извлекает резольвенту, единую и общую идею, скрытую в обеих посылках.

Силлогизм не берется и за холодную воду, а резолюция рада черной работе. Силлогизм спит в тенечке, а резолюция методично разрешает проблемы. Силлогизм просыпается на пустом месте, протирает лениво глаза, глядь, а резолюция вырастила целое дерево, дерево опровержений.

— Опять дерево? — удивляется силлогизм, а вместе с ним, быть может, и внимательный читатель.



— Да, опять дерево! — принужден согласиться автор. — Если бы меня попросили одним словом определить, что лежит в основе машинного разума, я ответил бы: дерево. Искинт, как Буратино, — деревянный человечек. Мы встречались уже на этих страницах с деревьями возможностей и целей, мы любовались синтаксическим деревом. Теперь выросло еще дерево опровержений...

— Вы называете свои теоретические построения деревьями для простоты? Небось в науке они иначе именуются?

— Ничего подобного. Их так и называют — деревья. Бывают конечные деревья и бесконечные деревья, развивается математика деревьев. Но прежде чем говорить о деревьях вообще, давайте познакомимся с деревом опровержений.

Оно растет не снизу вверх, не от земли к небу, как положено, а сверху вниз, от кроны к корню. Смыкается пара верхних ветвей — посылок, и в их слиянии родится плод — резольвента. Выбрасывает резольвента вниз новый побег, который сплетается с еще одной посылкой из условий теоремы. Вновь является резольвента, а дерево продолжается, опускается, растет, пока не исчерпаются все доводы-посылки. Тут достигает дерево своего корня, в котором и скрыт главный плод — опровержение.

Дерево опровержений — это наоборотное дерево, чьи ветви всегда собираются парами. Так велит метод резолюции.

Этот метод относится к самым крупным достижениям за все время работы в области Искинта. Найден алгоритм, свободный от человеческих слабостей, исчерпывающий все «за» и «против» и обязательно приводящий к результату. К реальному результату в реальной вычислительной машине!

Машина приобрела способность и вкус к умозаключениям, к логическим доказательствам, ей стали доступны «те длинные цепи», о которых напряженно думал Р. Декарт.

«Те длинные цепи простых и легких рассуждений, — писал он, — которыми обычно пользуются геометры, чтобы дойти до своих наиболее трудных доказательств, дали мне случай представить себе, что все вещи, кото-

рые могут стать предметом знания людей, связаны между собой такнм же образом».

«Те длинные цепи» для разных, часто совсем не геометрических вещей кует сегодня вычнслительная машина молотом резолюции.

Героиня задачи «Обезьяна н бананы» может отказаться от ненадежных услуг ЛЮБОЗАРа и предпочесть ему обязательную резолюцию. Впрочем, обезьяны давио пользовались методом резолюции, не ручаюсь за всех обезьяи, но мартышки точно пользовались.

Об этом свидетельствует басня И. Крылова, в которой мартышка жаждет освоить очки: «то к темю их прижмет, то их на хвост наннжет, то их понюхает, то их полижет». Перебирает варианты, пытается извлечь хотя бы одну резольвенту, а не выходит, «очки не действуют никак». Мартышке, увы, надоедает перебор, она отказывается от резолюции, а могла бы после некоторого числа попыток приладить очкн к глазам.

Программа для доказательства теорем в отличие от мартышкн нмеет железные нервы. Она спокойно перебирает все формально допустнмые возможности. В задаче об обезьяне н бананах она даже пробует поставить ящик иа голову обезьяне. Все логические атомы сопоставляются друг с другом, ни один камень не остается не перевернутым.

Резолюция вызывает энтузиазм специалистов, проявления которого очевидны, иапример, в отрывке из совсем свежей научной статьн: «Снстема доказательства теорем чарует и влечет. В самом деле, она универсальиа, упорядочена и ее достоинства имеют подтверждение; опираясь на правильные входные данные, она весело и непрннужденио прнведет вас к искомому результату».

Итак, «мартышкнн труд» предпочтнтельней эвристик. ЛЮБОЗАР с его колебаниями и отсутствием гаратий успешного решения должен уступить дорогу властной резолюции. Машнная логика сама, без человека одолеет любые препятствия.

Против этой достаточно распространенной постаиовки вопроса возражает академнк В. Глушков: «Такая постановка не соответствует опыту, иакопленному в других областях применения ЭВМ».

И предлагает совсем нной подход к машнниому доказательству теорем. Центральиой фигурой в нем является человек, квалнфицированый математик, активно

взаимодействующий с машиной. Чтобы взаимодействие было возможным, необходим язык, удобный для математика и понятный для ЭВМ. Чтобы взаимодействие было плодотворным, машину следует вооружить Алгоритмом Очевидности. Язык и Алгоритм — два краеугольных камня, на которых должно быть воздвигнуто новое здание «математического обеспечения для математических доказательств».

В. Глушков изложил свои новаторские идеи в начале 1965 года. Сейчас, в августе 1977 года, мы беседуем о развитии этих идей с ближайшим сотрудником В. Глушкова, профессором Ю. Капитоновой. Задаю ей естественный вопрос:

— Почему не доверить машине самой вести доказательство?

— При переборе всех возможностей, при выводе всех резольвент дерево опровержений становится великаном. Время решения задачи машиной достигает времени жизни нескольких поколений людей.

— Значит, я попрошу ЭВМ доказать теорему, а мой внук заберет готовое доказательство?

— На блюдечке с голубой каемочкой. Если, конечно, машина, ведущая перебор, не окажется в металлоломе, а само доказательство будет хоть кому-нибудь нужно.

— Все-таки память о дедушке... Как же хотите вы ускорить работу машины?

— Научив ее математике. Для этого и нужен особый язык, язык практической математики.

— Язык практической математики — зачем его придумывать вновь? Разве математика издавна не обладает своим строгим, точным и однозначным языком?

— Это распространенное заблуждение, что язык математики строг и однозначен. Точнее сказать, часть его именно такова — формулы. Но все остальное... Мы проанализировали десятки книг по современной математике и увидели, что словесная ткань, связки между формулами, — все эти «легко увидеть», «подобным же образом», «после некоторых преобразований», «из чего следует», — скорее намеки, чем объяснения. Они требуют от читателя додумывания, иногда несложной, а иногда большой мыслительной работы. В общении с машиной неопределенностям не место.

— Итак, язык практической математики делает ак-

сиомы, теоремы, следствия — весь арсенал математики доступным машине. Но кто беседует с ЭВМ на этом языке, кто учит ее математике?

— Каждый, кому не лень. Я говорю серьезно: передача машине математических знаний — дело коллективное. Все математики должны хотеть, чтобы ЭВМ знала и фундаментальные вещи, и новейшие, только что опубликованные факты. Все математики будут стремиться к полноте и детальности машинных знаний.

— Отчего же такая забота о компьютере?

— Не о компьютере забота, а о себе. Знающая машина спасает математика от неловкости. Вообразите, вы прибегаете утром на работу и оповещаете своих коллег: «Сегодня ночью я решил десятую проблему Гильберта! Получился простенький алгоритм...» Вы ожидаете взрыва восторга, а в ответ несутся сдавленные смешки...

— Коллеги смеются, потому что десятую проблему решили раньше?

— Конечно! Но не только потому. Еще и потому, что запоздалое решение ошибочно — там нет никакого алгоритма, ни простого, ни сложного, там алгоритмическая неразрешимость... Вот если б незадачливый математик, прежде чем оповещать мир об открытии, сел бы за пульт ЭВМ и сообщил бы ей...

— Любопытно, как он говорил бы с машиной?

— Ну примерно так: «Пусть D — диофантово уравнение, пусть С — целые числа. Ввожу алгоритм проверки, имеет ли любое D решение в С. Сообщи новизну и корректность алгоритма».

— Как выглядел бы ответ машины?

— Категорически. «Новизна отсутствует. Десятая проблема Гильберта решена в 1969 году Ю. В. Матиясевичем. Нужна ли библиография?»

— То есть ЭВМ предлагает отпечатать список работ, в которых содержится решение?

— Само собой разумеется. Она перебрала свои математические знания, нашла относящиеся к делу и готова делиться ими с человеком.

— Прекрасно! Проверка новизны избавляет математиков не только от досады, но и от лишней работы. Ваш открыватель уже открытого мог обратиться к машине *до* бессонной ночи,, он мог узнать, стоит ли думать над десятой проблемой, или это зряшное занятие.

— Конечно. Но главное впереди. Машина не ограничивается проверкой новизны. Она проверяет правильность алгоритма, предложенного человеком. Она печатает дальше: «Ваш алгоритм некорректен. Ошибка состоит в следующем...»

— Для подобной проверки мало математических знаний. Нужны особые, тонкие умения.

— Справедливо. Здесь вступает в игру Алгоритм Очевидности — самое могучее наше оружие. Он шаг за шагом проверяет рассуждения человека. Никаких эмоций, никаких поблажек, голая логика. Если ход мысли человека постижим для него, если ему ясна правота или ошибочность, то он печатает результат, а если в рассуждениях математика содержатся бреши, просит заполнить их, вступает с математиком в диалог.

— Давайте представим себе, что я тот математик. Как общается со мной Алгоритм Очевидности?

— Он печатает: «Уважаемый Алексей Григорьевич, у вас из посылки А вытекает посылка В. На основании какой аксиомы или теоремы вы сделали данное заключение?»

— Я отвечаю: «Это интуитивно ясно».

— А он говорит: «Подумайте, на чем основана ваша интуиция. У меня нет подходящей аксиомы или теоремы. Может быть, вы пользуетесь аналогией? Сообщите, какую аналогию вы имеете в виду».

— Я отвечаю... Впрочем, уже ясно, что мы найдем общее решение: либо Алгоритм Очевидности вычислит мою правоту, либо я пойму собственную ошибку. Кстати, почему он так называется — Алгоритм Очевидности?

— О, здесь целая история! Вы знаете, самым любимым выражением математиков являются слова «очевидно, что». Пожалуй, у каждого на это магическое заклинание свой взгляд. Сколько ступенек преобразований можно пропустить без потери очевидности? Это зависит от квалификации математика, и от вкуса, и даже от порядочности. Один набивает свои работы тавтологиями, у него уже в самом начале очевидно, что находится в конце; другой в свободном полете мысли пропускает даже опорные пункты своего рассуждения. Легче самой доказать его теорему, чем ломать голову над авторским «очевидно, что».

— Я вспомнил Блеза Паскаля. Мальчиком, читая «Начала» Эвклида, он возмущался: зачем приводятся

доказательства теорем, когда достаточно одних формулировок? Доказательства очевидны! Ваш Алгоритм Очевидности столь же проницателен?

— Нет, на сегодняшний день сила его «видения» примерно такая же, как у среднего выпускника вуза. Кое в чем он сильнее, например, в упрощении формул, а кое в чем слабее, скажем, в аналогиях. А в целом он вполне профессионален.

— Итак, ЭВМ является аккуратным собирателем математических знаний, педантичным проверяльщиком новизны и правильности, ловильщиком блох, может быть, даже составителем ехидных контрпримеров. Но способна ли машина к математическому творчеству? На первый случай, может ли она доказать новую теорему?

— Конечно! Человек сообщает ей свое предположение, интересное, но не доказанное им, а ЭВМ проводит полное доказательство.

— Успех гарантирован?

— Нет, но он очень вероятен. Либо Алгоритм Очевидности сам осилит доказательство, либо он позовет на помощь человека. Человек, надо надеяться, придумает вспомогательную теорему, а машина докажет ее, а человек тогда... В активном взаимодействии, в диалоге, перемещая границы очевидности друг друга, как картонные перегородки, партнеры отыщут доказательство.

— Которое ЭВМ тут же возьмет на заметку, включит в свой фонд доказательств, оприходует под номером 24 328, например...

— Для начала так она и поступит. Но как только у нее выдастся свободное от другой работы время, машина изучит новую теорему вдоль и поперек. Если эта теорема обобщает результаты нескольких других, то ЭВМ самостоятельно перестроит свои знания.

— Самостоятельно перестроит свои знания?

— Именно так. Наша машина не только знающий математик, она еще и современный математик. Она стремится всегда овладеть более общими, более сильными методами.

— Это касается и Алгоритма Очевидности?

— В первую очередь! В алгоритм наряду с методом резолюции должно влиться все яркое в области вывода, в том числе приемы узкие, но полезные.

— Вы говорите об эвристиках?

— Да, некоторые эвристики уже включены в Алго-

ритм Очевидности, дорога для других открыта. Без них в практической математике сегодня не обойтись.

— Остался один, пожалуй, главный вопрос: сможет ли машина самостоятельно находить новые теоремы, предлагать новые математические результаты?

— Это зависит от нашей способности выделять белые пятна, перспективные области в теории. Если область поиска очерчена, машина способна вскрыть все месторождения, получить все новые результаты. А уж глубоки ли они, красивы ли, полезны ли, судить человеку.

Работа Киевской школы теоретической кибернетики, о которой мы беседовали с Ю. Капитоновой, быстро продвигается вперед. Она, без сомнения, принесет громадную пользу самой математике. Не меньшего могут ждать от нее те, чьи интересы лежат в области практического Искинта. Программа — врач, или учитель, или юрист приобретает мощную, разнообразную, тщательно выверенную систему поиска следствий из заданных посылок.

А. Лавлейс, первая программистка, считала, что машина предназначена только для этой работы — для выведения следствий — и потому не способна сделать что-либо действительно новое. И сегодня немало людей разделяют ее пессимизм.

Следствия, однако, не всегда мельче, хуже, бледнее своих посылок. Скажем, лекарство от рака может оказаться дальним следствием известных фактов. Но разве поэтому оно не явится новостью, важнейшей, спасительной, желанной новостью для человечества? Лекарство, не исключено, скрывается на самой дальней ветке дерева возможностей. Тем труднее добраться до него, тем почетнее прийти к этому поистине величайшему следствию. Получение следствий — подлинно творческая работа.

Вот почему В. Глушков, касаясь логического мышления человека, говорит о том, что «хорошей (если не лучшей) модельной задачей здесь может служить задача автоматизации доказательства теорем в математике». Необходимо найти способы резкого сокращения блужданий и переборов, чтобы избежать абсурдных комбинаций, чтобы избавиться от нелепых альтернатив, чтобы действовать рационально, а не машинально.

Такие приемы недалеко лежат, они прекрасно известны специалистам по Искинту, это эвристики.

Сегодня метод резолюций дополнен эвристиками; эвристики вошли в самое нутро метода: машинная логика благодаря им стала результативной. Доказательства теорем, эта святая святых математики, не обошлись без эвристик. Выгнанная в дверь, психология вернулась через окно. Никуда от нее не деться!

Деревья опровержений, как и деревья возможностей, деревья целей и многие другие деревья Умного леса, нуждаются в эвристиках. Невольно возникает вопрос: эти деревья, что они? Условные значки, удобные и модные сегодня, или могучая метафора, связанная с нашими первоосновами, с глубинами человеческого мышления?

Судьбы мира связаны с деревьями, определяются деревьями — такова одна из самых древних идей человечества. В Европе, в Азии, в Африке, в Америке и в Австралии — всюду, где первобытные люди в девственных лесах создавали человеческое общество, возникали мифы о мировом дереве.

В середине мира, говорит скандинавский миф, находится ясень Иггдрасиль, ветви его простираются над всем миром, вершина поднимается выше неба, а корни уходят в другие миры. Ясень Иггдрасиль — основа мира, его прошлое и будущее. На священном ясене был повешен бог Один, который претерпел мучения, чтобы изведать тайны мира.

Древние люди по-разному объясняли связь между подлинным, лесным, зеленым деревом и зыбкими, безместными, нетелесными человеческими мыслями. То они сажали человека или бога, решающего мучительную проблему, под священное дерево, то, чтобы связать их теснее, вешали на дерево, то сращивали их воедино, то придавали чудесную силу плодам священного дерева. В представлениях наших предков когда-то произошел удивительный переход от реального дерева, в ветвях которого гнездятся живые птицы, к воображаемому дереву, к дереву мысли.

Идея мирового дерева проникла в древнейшие письменные памятники человечества. Библия, например, подробно рассказывает о древе познания добра и зла.

Древо познания добра и зла... Перед внутренним взором каждого европейца возникает райский сад, и юные

Адам и Ева, и дерево, отягченное запретными плодами, и змей-искуситель, обвивший ствол этого дерева.

А в памяти азиатов место этого дерева занимает дерево бодхи, дерево прозрения. Под ним, говорит легенда, сидел погруженный в созерцание Сиддхартха Гуатама. Здесь познал он смысл мира и жизни, нашел четыре благородные истины и стал пробужденным, просветленным, прозревшим, стал Буддой. Случилось это 2500 лет назад.

Буддисты всего мира до сих пор совершают паломничество в местечко Бодх-Гая на севере Индии. Там, рядом с храмом, растет огромный баньян — потомок легендарного дерева бодхи. Под ним плита, отмечающая место, где принимал свои решения Гуатама, а несколько сбоку каменное изваяние Будды в позе прозрения.

Дерево познания добра и зла и дерево бодхи внешне мало похожи друг на друга. Одно росло в воображаемой стране, другое в точно обозначеном месте. Одно — неведомо какой породы, а другое — баньян, разновидность фикусов. И тем не менее это родственные деревья.

Как хорошо сказал протопоп Аввакум, «по плоду бо всяко древо познано бывает». У обоих деревьев одинаковые плоды: новые, неизведанные решения, иное будущее людей и мира.

Когда в мире появилась наука, мифические деревья отступили перед ее бульдозерами, выкорчевывающими суеверия. Мировое дерево поселилось в поэзии и живописи, а в науке остались лишь слабые его отзвуки. Ученые XVIII века растили только три сорта деревьев: родословные, иерархические и классификационные. Помните разговор между барином и мужиками в «Кому на Руси жить хорошо?». Пытаясь ошеломить мужиков, барин спрашивает:

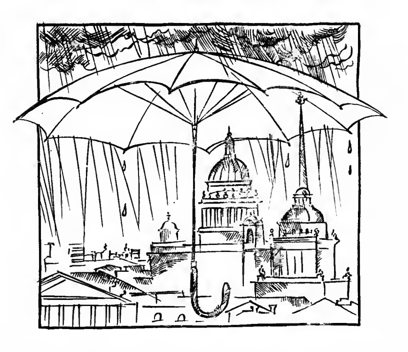
> Скажите, вы, любезные,
> О родословном дереве слыхали что-нибудь?

И слышит в ответ полные достоинства слова:

> Леса нам не заказаны —
> Видали древо всякое, —
> Сказали мужики.

Они и вправду видали всякое дерево, кроме никчемного и кичливого родословного.

Социальные революции выкорчевывали и сжигали генеалогические деревья, эти символы неравенства, а



ученые нашли им новое, неожиданное и воистину благородное применение. Ученые вооружились этими деревьями, излагая естественную историю живого мира, эволюцию видов. Позже родословные деревья пригодились для объяснения развития языков, наук и ремесел, машин и предметов быта.

Другой сорт распространенных в XVIII веке деревьев — иерархические. Иерархические деревья изображают связи господства и подчинения. Иерархия должностей в государстве, иерархия чинов в армии и в церкви, ветхозаветная «божественная иерархия»: ангелы, херувимы, серафимы, архангелы и господь бог лично.

И третья порода деревьев XVIII века, пожалуй, самых любимых растений тогдашних ученых, — классификационные деревья. Как не любить и не холить эти метлы просвещения, наводящие строгий порядок в мире и в мыслях! Отличные образцы таких деревьев — классификация наук, сделанная еще в XVII веке Френсисом Беконом, и классификация животных — дерево, взлелеянное одним веком позже трудами Карла Линнея.

С развитием науки идея мирового дерева поблекла, почти стерлась и забылась. Если б не родословное, да иерархическое, да классификационное деревья, совсем бы пересох могучий поток метафор.

Современная наука очистила древний родник. Нам, как и доисторическим людям, идея дерева представляется волнующей, емкой и плодотворной. Почти погибшие умные деревья наполнились теперь новыми соками, выбросили новые побеги. Вновь зазеленел прекрасный лес, который растет нигде и всюду.

«Есть дерево: крик унимает, свет наставляет, больных исцеляет». Придумывая эту загадку, наши прадеды имели в виду березу. Сегодня у старой загадки иные отгадки. Дерево возможностей! Дерево целей! Дерево опровержений!

Впереди нас ждут встречи с новыми деревьями из Умного леса — с деревьями планов, с деревьями смыслов, с диагностическими деревьями. Но уже сейчас ясно, что представление малопохожих человеческих решений единым способом — в виде дерева, — могучее подспорье на пути к Искинту.

Вместо многочисленных частных, узких эвристик мы станем теперь изобретать единые способы выбора лишь полезных, лишь перспективных, лишь целенаправленных ветвей дерева.

Понедельник. Раннее утро. Перед выходом на работу вы подходите к окну. По небу несутся тяжелые тучи, а на градуснике 25 тепла. «Одевать ли плащ? — размышляете вы. — Если будет дождь, плащ окажется кстати, а если пронесет, придется зря таскаться с ним по жаре. Полезно, конечно, послушать прогноз погоды. Минут через пять по радио скажут, ожидается ли дождь. Но время дорого — пропустишь автобус, да и прогнозу можно верить лишь с оглядкой».

Итак, снова дерево. Его корень «выбор одежды» расщепляется на два ствола: «ждать прогноза» и «не ждать прогноза». Положим, вы решили ждать. И спустя пять минут слышите прогноз: ожидается дождь.

«Опять, — думаете вы, — опять синоптики обещают дождь. Вчера тоже обещали. И позавчера. А дождя не было; все их прогнозы — обман».

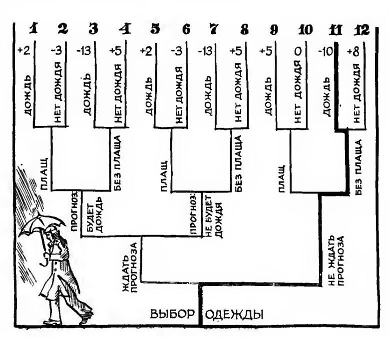
И вы оставляете плащ на вешалке. И, отчаянно спеша, выбегаете на улицу. А дождь не заставляет себя ждать. Насквозь промокший и слегка опоздавший, вы

являетесь на работу, нзвлекаете из кармана листок с деревом «выбор одежды» н вннмательно рассматриваете другне возможности.

Всего в кроне дерева двенадцать ветвей. Теперь-то ясно, что незачем было бежать без плаща под дождь; ветвн 3, 7 н 11 следовало решительно отброснть. Нужно было согласнться с прогнозом, взять плащ и оказаться в вынгрыше, то есть выбрать ветвь 1. Даже если бы радно сказало «не будет дождя», даже тогда стонло бы взять плащ — перестраховаться (ветвь 5). Да н вообще, прн чем здесь прогноз? Увидел, что облачно, надевай плащ, не надейся на авось (ветвь 9).

Столь мрачно вы рассуждаете оттого, что дождь, пролнвной н холодный, не оставил на вас сухого места. Задержись он на часок, вы благополучно добрались бы до работы. Тогда б вынгрышными оказались ветвн 4, 8 н 12 (вы без плаща, н нет дождя).

На дереве есть еще ветви 2, 6 и 10 (вы в плаще, на улице солнышко); лучше лн это, чем быть без плаща в дождь, — решать вам самому.



В том-то и состоит трудность, что решать надо, не зная наверняка, будет ли дождь. Для такого неопределенного решения можно оценить пользу от своих действий в баллах.

Если вы не ждали прогноза, не взяли плащ и дождя не было, то удовольствие от правильного решения резонно оценить в +8 баллов (ветвь 12). Самый печальный случай когда вы понадеялись на прогноз, не взяли плащ, а хлынул дождь; этой вдвойне досадной ситуации припишем —13 баллов (ветвь 3).

Каждая из ветвей дерева получает свою оценку. На рисунке показаны оценки, удовлетворяющие автора; читатель вправе назначить другие баллы. Столь же субъективна наша оценка вероятности того, что произойдет дождь или что бюро прогнозов ошибается.

Оценки назначаются по вашей воле, но на этом своеволие кончается, и начинается математика. Формулы статистической теории принятия решений позволяют найти на дереве ветвь, наилучшую в данных условиях, при данных оценках. Если до прогноза вы считали дождь вероятным на 40 процентов, если сам прогноз погоды сбывается в 70 процентах случаев, то расчет по алгоритму статистических решений приводит к категорическому выводу: прогноза ждать не стоит. И брать с собой плащ тоже не стоит.

Вы зря ждали радиосообщения, но, выйдя без плаща поступили правильно. Пусть шальной дождь застиг вас по дороге — все равно правильно! Это подсчитано с помощью статистической теории принятия решений, области математики, на которую часто опирается Искинт.

Статистическая теория принятия решений не помогла вам сегодня. Зато во многие другие облачные понедельники вы благополучно избежите дождя. Эта теория умело отсекает многочисленные ветви дерева, выбирая в густой кроне самый выгодный путь. Наряду со статистической теорией принятия решений в программах Искинта трудятся и другие эвристики — веткорубы. «Сначала вширь» зовут одну из них: «сначала вглубь» — имя другой; «не зарываться» — девиз третьей. Все они. хотя и по-разному, стремятся к одной цели: заменить слепой перебор ветвей дерева разумной оценкой правильного пути.

Эвристики, вошедшие в метод доказательства теорем, в метод резолюции, усиливают, но одновременно и ос-

лабляют его: вот-вот потеряется обязательность достижения результата. Приходится балансировать на зыбкой грани между изяществом и результативностью.

Что ж, разработка Искинта — это инженерное дело, а не чистая математика или чистая психология. Здесь все замешено на компромиссах. Выбор инженера определяется практической полезностью, а не теоретической безупречностью. Что выбрать в качестве решателя задач для робота — анализ средств и целей или резолюцию? У каждого подхода есть сильные стороны, есть и недостатки.

«Возьму оба! — решает инженер. — Пусть, составляя свои планы в общем, робот действует по программе ЛЮБОЗАР, а уточняя частности, переходя от стратегии к тактике, доказывает теоремы».

Инженера не смущают действия робота по разнородным программам, лишь бы работал, лишь бы давал наибольший эффект. Инженер понимает, что компромиссы только начинаются. Его робот действует не в абстрактном мире логики, а в реальном, грубом мире с помехами, трением, осечками и глупостью. Отправилась, скажем, «разумная тележка» за наклонной плоскостью, а у нее заело колесо; робот вращается на месте, не двигаясь вперед. Или в другой раз удалось подтолкнуть наклонную плоскость к платформе, въехать по ней на платформу, но вдруг передние колеса тележки-робота провалились в зазор между плоскостью и платформой. Или потеря питания, или случайный предмет на дороге, или...

Их невозможно перечислить, все эти «или», невозможно заранее предусмотреть все каверзы, которые готовит реальный мир наивному роботу. Если он займется составлением планов на все случаи жизни, то переберет миллионы целей и средств, докажет тысячи теорем, но никогда не сдвинется с места. Если же робот пренебрежет превратностями жизни и понадеется на авось, то скорее всего попадет впросак.

Нужен компромисс между тщательностью планирования и быстротой исполнения, нужна способность менять свои планы по ходу дела, способность, которой обладает человек.

Я расскажу вам сейчас старинную историю о корректировке планов.

Дело происходило в давние времена в Лондоне.

Честный купец взял большую сумму денег взаймы у ростовщика и не смог отдать в срок. Ему грозит позор и долговая тюрьма, его красавице дочери — голодное, жалкое существование.

Есть, впрочем, один выход, который подсказывает старый и уродливый ростовщик. Он давно хотел взять в жены дочь купца, но девушка категорически не соглашалась, как не соглашается и сейчас, во время решительного объяснения не соглашается, хотя отец вот-вот окажется в долговой яме.

Отец, девушка и ростовщик беседуют на усыпанной гравием дорожке в саду. Ростовщик будто немного смягчился. Он не требует обязательного замужества в обмен на отказ от долга и готов решить вопрос жребием.

«Вот что, любезная, — говорит ростовщик девушке, — я подниму сейчас с дорожки два камешка — черный и белый, и положу их в свой цилиндр. А вы, не глядя, вытащите один из камней. Если вам достанется белый, я тотчас прощу вашему отцу долг и не стану больше домогаться вашей руки и сердца. А если достанется черный камешек, тогда вы войдете хозяйкой в мой дом, а ваш отец получит от меня новый заем. Согласны вы положиться на судьбу?» — «Согласна», — отвечает отважная английская девушка.

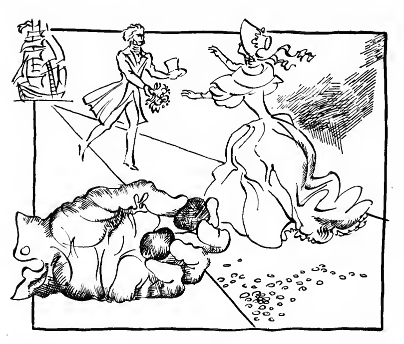
Ростовщик нагибается, проворно берет с дорожки два камня и бросает их в цилиндр. Но девушка успевает заметить, что оба камня черные, оба черные... Он ее обманывает, подлый ростовщик, он навязывает ей ненавистный брак!

Уродливый старик как ни в чем не бывало протягивает ей цилиндр: «Сделайте свой выбор!»

Как поступить девушке?

Дорогие читательницы, попробуйте стать на место юной англичанки, на ту же дорожку в саду и решить ее проблему. У вас был один план: подчиниться жребию, но гнусный ростовщик поломал этот план. Надо срочно придумать другой, спасительный. Надо изобрести, как избавиться от домогательств злодея. Только быстро, время не ждет, ростовщик уже протягивает свой цилиндр, размышлять некогда, надо действовать...

Если вы отыскали новый план, честь вам и хвала. А если нет, очень жаль, придется идти за ростовщика замуж. Впрочем, у гнусного старика окажется много невест: примерно треть девушек, участвовавших в этом



психологическом эксперименте, не смогли перехитрить старика.

Эксперименты проводили в МГУ О. Тихомиров и его ученица Т. Корнилова. Некоторые девушки заявляли, что здесь и решать нечего: оба камня черные, какой ни вытащишь, все равно с ростовщиком под венец. Они были бессильны найти новый план в изменившейся ситуации.

Когда мы говорим о передаче вычислительной машине способности человека к планированию, следует указать, о каком человеке идет речь. О том ли, который ничего, кроме восклицаний «Это же надо!» и «Бедняжка!», не сумел произнести, или о том, который придумал спасительный план.

Быстрая умом купеческая дочка когда-то блестяще вышла из, казалось, безвыходного положения. Она не нарушила уговор — протянула руку и вытащила камешек из цилиндра, зажав его в кулачке. Потом бессильно опустила руку и разжала ладонь. Камень упал на гравийную дорожку и мгновенно слился с подобными ему камнями.

«Ах, — сказала девушка ростовщику, — от волнения я уронила свой камень! Какая жалость! Но все поправимо, ведь в цилиндре остался другой... Если оставшийся камень белый, значит, мне суждено стать вашей женой, а если черный...»

И девушка велела ростовщику подать ей другой камень, и оторопевший ростовщик выполнил ее приказ, и камень оказался черным, иначе и быть не могло.

Девушка получила свободу, а ее отец навсегда избавился от тягостного долга.

Понравилось вам решение девушки?

Уверен, что понравилось. Как ловко сумела она расширить условия задачи! Не ограничилась цилиндром с двумя роковыми камнями, а посмотрела мимо цилиндра, на дорожку сада, где было много камней — и белых и черных.

Она подумала: «У меня только одна возможность — вытащить черный камень. Достану я его, и что с ним делать? Куда девать? Выбросить прочь? Но ростовщик это заметит и заставит идти замуж... А если незаметно выбросить? Тогда роковой камень смешается с обыкновенными на дорожке. И затеряется. В цилиндре, правда, остается другой черный камень. По уговору он выпал старику. Это его несчастье, а не мое... Если ему выпал черный камень, значит, мой, тот, который я, скажем, от волнения обронила... тот был белым! Прекрасно, спасительный выход найден, держись, старый скряга!»

Так, вероятно, думала девушка. Искинт так думать не может, хоть веди он анализ целей и средств, хоть доказывай он теоремы. Потому что Искинт не обучен расширять условия задач, потому что все его представление о мире ограничено заданными машине условиями.

В следующей главе мы узнаем о попытках погрузить Искинт в многоцветный и многотрудный внешний мир. А в этой главе только и осталось, что устроить четвертую свадьбу.

Вы догадываетесь, конечно, что у находчивой английской девушки был жених, капитан корабля, на снаряжение которого ее отец истратил свои и чужие деньги. Корабль уплыл в Индию, минули все сроки, а он не возвращался. Тут-то и явился ростовщик со своими претензиями, но был посрамлен.

Корабль, потрепанный штормами, вошел в устье Тем-

зы лишь следующим летом. Девушка встречала своего капитана на набережной. Он подбежал к ней, поцеловал и сказал, что любит девушку гораздо сильнее, чем раньше.

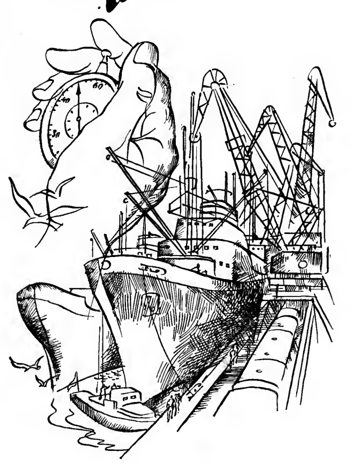
Потом они бродили по городу, и девушка рассказывала о домогательствах ростовщика, а капитан — о своих приключениях и о Спинозе, чьи книги он читал в затяжные периоды штилей. Он цитировал наизусть многие теоремы философа, среди них вот эту:

«Ненависть увеличивается вследствие взаимной ненависти, и, наоборот, может быть уничтожена любовью».

Капитан говорил еще о том, как непросты и неоднозначны теоремы нашей жизни, как трудно даются правильные решения и как хорошо будет им вдвоем после свадьбы.

Чтобы вы, уважаемые читатели, не думали, что автор сочинил эту историю, я назову вам имена жениха и невесты. Его звали Джон, а ее Мэри.

Будем выяснять отношения



БУДЕМ ВЫЯСНЯТЬ ОТНОШЕНИЯ

Ты относишься ко мне,
Как к полям.
Ты относишься ко мне,
Как к лесам.
Ты относишься ко мне,
Как я сам
Относился бы к волне,
К парусам.
Л. Мартынов

«Вы просто пускаете людям пыль в глаза!» — сказал, выступая на семинаре по семантическим вопросам искусственного интеллекта, инженер из Рязани. «Вы, — продолжал он, — берете игрушечные, пустяковые, но броские, но бьющие на эффект задачи и показываете, как решает их вычислительная машина. Все в восторге, а вы, пользуясь попутным ветром, утверждаете: и другие серьезные проблемы тоже, мол, таковы... в принципе. Мы их вам решим... через 10 лет... в принципе. Ходжа Насреддин тоже брался обучить ишака шаха человеческому языку через 10 лет, рассчитывая, что или шах умрет, или ишак умрет. А вы на что надеетесь?»

Автор руководил дискуссией на этом семинаре и хотел было дать критику достойный отпор. Но сдержался, потому что почувствовал в его словах рациональное зерно. Излюбленные задачи Искинта, и правда, взяты или из микрорайона школьной математики, или из уголка развлечений и головоломок.

Я, конечно, знал оправдания этому, данные одним из талантливейших исследователей в области Искинта, Марвином Минским: «Игры и математические задачи берутся не потому, что они просты и ясны, а потому что они при минимальных начальных структурах дают нам наибольшую сложность, так что мы можем заниматься некоторыми действительно трудными ситуациями».

Легко было бы ошеломить рязанца «минимальными начальными структурами», но, по сути говоря, их он и критикует. По правде говоря, с их помощью Искинт отворачивается от реального мира, чтобы колдовать в лаборатории над способами решения задач.

«В Рязани грибы с глазами, их едят, а они глядят». Рязанский инженер смотрел в самую суть: без широких и глубоких знаний о реальном мире Искинт действитель-

но глупее насреддиновского ишака. Ему жизненно необходимы описания внешнего мира, пригодные для ЭВМ.

Пусть для начала весь внешний мир — это группа родственников, а нас интересует степень родства. Тогда модель внешнего мира — генеалогическое дерево; корень дерева — общий предок, плоды — потомки, а ветви — связи между родственниками, родственные отношения.

Их немного, родственных отношений: быть сыном (дочерью), или братом (сестрой), или мужем (женой), или отцом (матерью); на основе этих отношений можно исчислить различные степени косвенного родства, определить, кто такие золовка, шурин или деверь.

Чтобы полнее отразить внешний мир, следует добавить к генеалогическому дереву, кроме отношений родства, еще и отношения, описывающие рост, характер или место жительства родственников. Так мы укажем, что Каин был ниже своего брата Авеля, что он коварнее брата и что жили они вместе.

На генеалогическом дереве появляются метрические, психологические и пространственные отношения, которые не совпадают с родственными. Как лианы, они оплетают дерево, превращают дерево в сеть особого рода. В этой сети узлами оказываются факты, а нитями — связи между фактами по смыслу, смысловые (семантические) отношения между явлениями.

Взгляд на мир как на сеть отношений был присущ еще Р. Декарту. По крайней мере, его верный последователь Н. Мальбранш заявлял, что «все истины — это только отношения».

Конкретности ради не станем мы пока заниматься необъятным мирозданием или огромным миром человеческих чувств, а выберем мир малый, обозримый и рукотворный. Давайте изобретать интеллектуальную программу, этакого Личного Помощника, готового дать нам совет в трудных жизненных обстоятельствах. Поскольку трудных жизненных обстоятельств тоже немало, пусть наш Личный Помощник будет сведущ только в кулинарии, пусть дает нам советы, как из подручных продуктов быстро приготовить вкусную и здоровую пищу. К сожалению, и мир кулинарии слишком обширен для подробного его обсуждения здесь; сузим задачу Личного Помощника: пусть он способствует приготовлению домашних пирожков. (От универсума до пирожков — вот

как сократился наш мир, вот насколько пришлось умерить свои аппетиты. Зато теперь можно надеяться на подробности, можно рассчитывать на конкретные пирожки.)

Мы хотим придумать смысловую (семантическую) сеть, в которой хранятся все необходимые знания о приготовлении пирожков. Прежде всего надо описать продукты, из которых они выделываются. Начнем с муки. Мука является частью теста...

Вот и открылось само собой первое семантическое отношение; «мука» и «тесто» — два понятия, а «является частью» — смысловая связь между ними. Запишем эту цепочку:

мука → (является частью) → тесто.

Что еще необходимо знать про муку? Она должна быть белой, первого или высшего сорта и сухой. Хорошая хозяйка перед приготовлением теста ее просеивает. Эти немудреные сведения изложим по всей форме:

мука → (имеет цвет) → белая [сорт первый или сорт высший],

мука → (имеет влажность) → сухая,

мука → (приготовляется посредством) → просеивание.

Теперь давайте мысленно объединим наши формальные записи. Все они начинаются словом «мука», вот мы и расположим это слово в центре, а от него лучами в разные стороны разойдутся четыре смысловые связи. Наша «мука», как морская звезда, тянет щупальца к другим понятиям, а те тоже разбрасывают свои смысловые лучи к новым и старым фактам — сплетаются понятия и отношения, образуется семантическая сеть.

Смысл понятия «мука» в ней полностью определен с помощью четырех отношений: является частью, имеет цвет, имеет влажность, приготовляется посредством. Никаких других смыслов понятие «мука» не содержит — заявляю категорически.

Вероятно, категорическое заявление автора вызовет еще более категорические возражения читателей. Как это не содержит? А что мука изготовляется из пшеничного зерна — неважно? А что ее мололи на мельнице — мелочь? А что из нее делают не только пирожки, но и хлеб, и блины, и галушки — несущественно? А что без муки наступает голод, особенно если картошка не уродила — это не относится к делу?

Не относится; к пирожковому делу не относится, для

успешного печения пирожков излишне, хотя в других делах эти обстоятельства, эти отношения могут оказаться существенными, важными, даже главными.

Известным нам образом, с необходимой для дела глубиной постижения смыслов в сеть, кроме данных о муке, включают сведения о дрожжах, соде, молоке, яйцах, соли, специях. Не забыты и начинки — мясные, рыбные, овощные, творожные и другие. Любопытными в описании начинок являются смысловые связи, передающие вкусовые сочетания. Скажем, фарш мясной → (сочетается с) → лук, картофель, грибы, капуста.

В семантическую сеть наряду со свойствами продуктов входят характеристики кухонных приборов. Чтобы не выписывать многие строчки формул для какой-нибудь скалки или противня, отбросим повторения и стрелки, превратим участок сети в список. В новой, более наглядной для человека и более удобной для вычислительной машины форме «противень» выглядит так:

Противень: *входит в класс* инструмент □; *служит для* посадка □; *является частью* духовка □; *соединяется с целым* вдвижка □; *имеет свойства* чистый □; *имеет нарушения* гнутый □; *имеет заместителем* сковорода □;...

Читатель, вероятно, заметил пристрастие автора к семантическим описаниям. Будь моя воля, я б их выписывал сюда еще и еще. И про тесто, про различные виды теста: масляное, слоеное, заварное, всходное на дрожжах и на опаре. И про «конструкцию» пирожков: лодочкой, вареником, трубочкой, рожком, конвертом, ватрушкой. И про способы их изготовления — печением, жаркой на сковороде и варкой в масле. А рецепты самых вкусных пирожков, проверенные народами и временем! Списки-образцы для беляшей, чебуреков, цепеллинов и прочих на законном основании входят в семантическую сеть.

Короче говоря, автор готов поместить здесь все 100 списков семантической сети Личного Помощника, все 800 фактов, из которых складываются эти списки, и все 1800 связей, соединяющих между собой квадратики наших списков, переплетающие списки друг с другом, образующие объемную, многомерную, многосмысловую сеть.

Списки для Личного Помощника, коли приводить их

полностью, займут оставшиеся страницы книжки; мои издатели наверняка не допустят такого расточительства, хотя не исключено, что они, как и автор, очень любят пирожки. И потому автору остается только надеяться на воображение читателей, на то, что они сами мысленно воспроизведут всю эту громоздкую штуку — семантическую сеть.

Мы выбрали для описания совсем малый мир и встретились с двумя неожиданностями. Сеть оказалась огромной; хотя мы и приучены уже к тому, что машине нужно все разжевать до мелочей, тем не менее размеры сети вызывают удивление. Да и сам мир, подвергнутый смысловому анализу, оказался вовсе не прост: «пирожковая вселенная» полна особенностей, оттенков, названий, граммов и калорий.

Вот такие пирожки! Здесь было бы уместно развить плачевную тему сложности описания мира, но это весьма квалифицированно сделано уже другим автором — Сергеем Швецовым:

> Как мудро все в подлунном мире:
> У человека две ноги, а не четыре,
> У птицы крылья есть, а у собаки хвост...
> Как сложен мир и в то же время прост!

Специалисты по Искинту не досужие схоласты, остроумно высмеянные С. Швецовым, а прилежные работники. Наша семантическая сеть вполне рукотворна, изготовить ее под силу двум работникам (аналитику и программисту) за квартал. Сеть будет спрятана в память вычислительной машины, и от нее можно ждать... Действительно, чего можно ждать от вычислительной машины, профессионально ориентированной на печение пирожков?

Молодая неопытная хозяйка прибежала с работы домой и, едва успев снять пальто, обратилась к Личному Помощнику за советом. Она печатает свои вопросы к ЭВМ на пишущей машинке; ответы компьютера печатаются тут же. Вот что из этого получается (реплики хозяйки выделены квадратиками).

1. □ Через час ко мне придут гости. Я хочу быстро испечь пирожки. Что делать? □

Проверьте, есть ли у вас мука, вода, сода и соль. Если есть, напечатайте «Да».

2. □ Да □

Зиачит, пресиое тесто обеспечено. Займемся теперь иачиикой. Что вы хотите взять в качестве иачиики?

3. □ Я хочу сделать беляши □

Беляши — это жареиые пирожки с мясом. Проверьте, пожалуйста, есть ли у вас мясо?

4. □ Нет □

Тогда придется оставить беляши до другого раза. Что вы хотите взять в качестве иачиики?

5. □ Вермишель яичиую □

Не уверена, что пирожки с вермишелью окажутся вкусными, иазовите лучше другую иачиику.

6. □ Сырок плавлеиый □

Сырок плавленый — отличиая начиика. Обычио гости предпочитают пирожки с грибами, капустой или мясом. Но с плавлеиым сырком тоже получится вкусио. Итак, печем с плавленым сырком?

7. □ Да □

Тогда иатрите его на крупиой терке. Начиика готова. Вы умеете делать пресиое тесто?

8. □ Да, ио у меия есть еще одио яйцо, я хотела бы добавить его в иачиику. Можио? □

Пожалуй, иет. Яйцо в иачиике хорошо сочетается с рисом и капустой, ио ие с сырком плавлеиым. Лучше добавьте желток яйца в тесто, а белок оставьте для смазки пирожков. Вам нужиа помощь в приготовлении теста?

9. □ Нет. Я туда долью иемиого молока □

Прекрасно. Займемся разделкой теста. Вы умеете раскатать тоикий лист?

10. □ Да, ио у меия иет скалки □

Возьмите пустую бутылку и катайте ею. Только учтите, лист должеи быть тоиким.

11. □ Хорошо. А что потом делать? □

Если вы согласиы с тем, чтобы пирожки имели форму коивертов, иапечатайте «Да».

12. □ Да □

Нарежьте из листа квадраты размером с ладоиь. Положите в цеитр каждого квадрата поиемиогу сыра. Свериите квадрат за уголки — запечатайте конверт. Понятно?

13. □ Да □

У вас, коиечио, есть противеиь. Смажьте его маслом и выложите иа него пирожки. После этого смажьте их

сверху белком. У вас есть перышко? Напечатайте «Да» или «Нет».
14. □ Нет □

Хм, тогда осторожно смажьте их мизинцем. Слегка смажьте, но без пропусков. Хорошенько разогрейте духовку и поставьте пирожки печься. Добивайтесь румяно-золотистого цвета, на это обычно уходит 10—15 минут. Все ясно?
15. □ Все □

Желаю удачи. Очень прошу сообщить потом, понравились ли пирожки гостям. Мне пригодится ваш опыт. Еще раз — удачи!

Личный Помощник 5 ДУНЯ.

В вашем присутствии, уважаемые читатели, только что состоялся диалог между человеком и вычислительной машиной. Состоялся значительно раньше, чем рассчитывал автор. По плану книги диалогу не место в этой главе. У нас нет еще знаний о том, как машина понимает естественный язык. Мы не разобрались еще в том, как устроен сценарий — особая программа, руководящая ходом человеко-машинного диалога. Мы еще не готовы.

Тщетные жалобы; материал книги вышел из-под контроля автора. Диалог прорывался на эти страницы, еще когда речь шла о программе УЧЕНИК, он требовал подробного рассказа о себе, когда мы обсуждали систему доказательства теорем, и наконец объявился здесь, «как незаконная комета в кругу рассчитанных светил». Нам остается только смириться. Что ж, пронумеруем шаги диалога (шаг состоит из вопроса и ответа) и попробуем обсудить некоторые его любопытные черты.

Начнем с шага 3. Наша хозяйка пожелала делать беляши. ДУНЯ, прежде чем отозваться, проверяет, являются ли беляши пирожками, то есть на формальном языке:

? беляш → (входит в состав) → пирожки.

Способов проверки, естественно, два: или начать с понятия «беляш» и обратиться к спискам-рецептам, авось беляши относятся к образцам, или начать с понятия «пирожки» и просмотреть списки, содержащие их перечень, авось там среди прочих содержатся беляши.

В нашем случае к успеху привел путь «от беляшей». ДУНЯ убедилась: беляши — это пирожки, и сразу получила из семантической сети сведения об их начинке.

Если бы хозяйка сообщила, что она хочет делать хинкали, а не беляши, тогда ДУНЕ пришлось бы испытать запись:

? хинкали → (входит в состав) → пирожки

с обеих сторон. Оба испытания не обнаруживают согласия между двумя понятиями. ДУНЯ, когда так случается, честно признается: «Я не знаю, являются ли хинкали пирожками». Ее поведение похоже на поведение человека.

Шаг 5 диалога. Теперь хозяйка предлагает в качестве начинки вермишель. Машина вежливо отвергает вермишель. Она опирается на списки продуктов, входящие в семантическую сеть, просматривает все продукты, пригодные для начинки. Вермишели среди них не оказывается.

Означает ли это, что вермишель вовсе не пригодна для начинки пирожков. Да, если набор начинок, включенных в сеть, полный и исчерпывающий. Однако сделать набор полным трудно. Бывают пирожки с орехами, с вишней, с вязигой, с репой, с брынзой, с печенкой, с маком, с яблоками, с самыми диковинными начинками — смесями, попробуй, назови их все.

В семантическую сеть включаются только основные, «чистые», начинки и лишь некоторые смеси. В остальном ДУНЯ копирует рассуждения обычного человека.

Если среднего человека, невеликого знатока географии, спросить, является ли Донецк портом, он станет рассуждать примерно так: «Видимо, речь идет о любых портах — и морских и речных. Я знаю другие, менее важные, чем Донецк, города, являющиеся портами. Если б Донецк был портом, я бы что-нибудь об этом слышал. Скорее всего Донецк не порт!»

Аналогично ДУНЯ решает, что скорее всего вермишель не начинка, и просит хозяйку выбрать что-нибудь подходящее. Шаг 14 диалога подтверждает сообразительность ДУНИ.

Хозяйка призналась, что у нее нет скалки для разделки теста. ДУНЯ посоветовала выход из положения — использовать бутылку. Совет достался ей почти даром: в списки семантической сети, относящиеся к кухонным приборам, входит отношение *имеет заместителем;* для противня, помните, заменой была сковородка, а для скалки припасена бутылка. Если бы ДУНЯ не нашла заместителя, она отделалась бы стандартной репликой:

«Пожалуйста, одолжите его (ее) у соседки — иначе дело не пойдет!»

Наше обсуждение диалога ДУНИ с хозяйкой показало, как разнообразно используется семантическая сеть в оценках и выводах программы. Если б была возможность посмотреть не один, а хотя бы с полдесятка протоколов диалога, впечатление оказалось бы гораздо более сильным: ДУНЯ утюжит свою сеть вдоль и поперек, напролет и от факта к факту, не торопясь.

Самым удивительным, однако, является не интенсивность движения по сети, а способы этого движения. ДУНЕ свойственна оригинальная, еще не встречавшаяся нам, манера вывода. ДУНЯ обладает негативной логикой.

Вспомните только, как она рассуждает: «неизвестно — значит, скорее всего нет», «других не знаю — значит, этот единственный», «достаточно посмотреть на дело с одного конца, тщательная проверка с обеих сторон необязательна», «начнем хоть как-нибудь, хоть неправильно, там уточним». Обратите внимание, сколько «нет» содержится в названиях дуниных эвристик.

Они не капризные и не упрямые, эти «нет», они полезные, работящие, благодетельные. Они поглощают пустые альтернативы, как фагоциты микробов, они избавляют ДУНЮ от лишней работы и берут на себя ответственность за сомнительные случаи.

Негативная логика — ценнейшая руда, добытая исследователями в психологических экспериментах с людьми. Мы, люди, оказывается, очень экономно используем 14 миллиардов своих нейронов. Мы, как правило, не храним в памяти факты, не являющиеся истинными. Слишком много ложных дорог, вздорных суждений и нелепых обстоятельств, чтобы забивать ими память.

Мы не знаем всего этого, но умеем об этом толково рассуждать! Не помним, есть ли в Мексике король, изобрели ли китайцы пиво, изучал ли Иван Петрович кибернетику, но способны заключить, что короля скорее всего нет, что пиво, вероятнее всего, выдумали не китайцы и что Ивану Петровичу и без кибернетики хорошо.

Чудо чудное — негативную логику — психологи поймали в силки эксперимента, программисты обратили в машинные эвристики, а мы отдали ДУНЕ, чтобы Лич-

ный Помощиик 5 не предлагал пирожков с морокой, с интригой или с мраморной крошкой.

Испытав семантическую сеть в пирожковом деле, рискием применить ее в более серьезном производстве.

Представьте себе крупный современный морской порт с его причалами, механизмами и складами, с десятками судов, стоящих под погрузкой и разгрузкой, с коллективом людей разных специальностей — докеров, механизаторов, складских работников, диспетчеров и многих иных.

Здесь, в порту, на учете каждая минута. Не держать корабли на рейде, а немедленно принять их к причалам, побыстрее разгрузить и заполнить новыми грузами, рациональнее организовать перевалку грузов на железную дорогу и на автотранспорт, усовершенствовать работу складов, короче говоря, сделать деятельность морского порта оптимальной — таковы цели руководителей порта.

Моряки, конечно же, просят помочь математика — специалиста по оптимизации. Ученый бродит вдоль причалов, слушает гудки кораблей, грохот механизмов, радиоперекличку диспетчеров, а потом долго смотрит вдаль, на спокойное море и безоблачное небо. Выражение лица у него мрачное.

Что так обеспокоило специалиста по оптимизации? Что узрел он в синем небе?

Он увидел «проклятие размерности».

Он понял, что порт как объект математического описания имеет высокую размерность. Иными словами, чтобы передать все особенности, все детали жизни этого шумного и веселого многообразия, понадобится огромное число дифференциальных и алгебраических уравнений. Систему уравнений для порта и составить трудно, а решать, притом решать часто, чтобы успеть за изменениями обстановки на причалах и в складах, невозможно, даже на сверхбыстродействующем компьютере невозможно.

«Проклятие размерности» преградило обычной математике путь на территорию порта.

Да, но человек справляется с управлением портом! Он работает и ведать не ведает о «проклятии размерности». В калейдоскопе ситуаций, в череде конфликтов, в постоянной нехватке причалов, механизмов, складов он находит выходы, изыскивает резервы, перебрасывает бригады, гнет свою линию.

Главное достоинство диспетчера — умение менять уровень подробности решения. То человек решает портовые проблемы в целом грубо, не входя в подробности, то занимается участком порта, то переходит на самый детальный уровень рассмотрения. Главное орудие диспетчера — язык, обыкновенная человеческая речь с профессиональными, конечно, тонкостями, с умением кратко определить особенности каждой крупной ситуации, детали каждого мелкого решения.

В середине 60-х годов два советских исследователя — энергичный и напористый Д. Поспелов и обстоятельный, неторопливый, похожий на рабочего-лекальщика Ю. Клыков взялись вплотную за проблему порта.

Они решили обойти «проклятие размерности» стороной, выбрали не традиционный путь, а неизведанную дорогу Искинта. Они начали с выделения главных понятий, характеризующих порт. Понятий оказалось около тысячи — от «погрузочного люка» корабля до «равномерной загрузки всех причалов и складов». Столь же методично Д. Поспелов и Ю. Клыков выявили существенные отношения, связывающие понятия. Этих отношений оказалось несколько десятков.

Из понятий и отношений они собрали семантическую сеть порта. Собственно говоря, в те времена отсутствовало наименование «семантическая сеть». Они назвали смысловую карту порта несколько иначе. Но не в имени дело: по существу, это была знаковая модель порта, по существу, производственные знаковые модели впервые в мире появились в нашей стране.

Д. Поспелов и Ю. Клыков обнаружили в работе диспетчера любопытное свойство. Число различных ситуаций, которые она охватывала, было огромно, но далеко не каждой ситуации соответствовал особенный, отличный от других способ действий. Набор возможных действий диспетчера в сотни раз уступал разнообразию ситуаций.

Диспетчер собирал сотни ситуаций в один пучок, в микроситуацию, и давал одинаковый ответ на сотни вопросов.

Как добиться, чтобы вычислительная машина умела делать то же самое, была в силах собрать ситуации, как детишек, в классы?

В главе «Пойди туда, сам не знаю куда» мы обсуждали порождающую грамматику — с ее помощью ребе-

нок быстро овладевал родным языком. Предложенная Н. Хомским, эта грамматика иосила сугубо теоретический характер.

Д. Поспелов и Ю. Клыков смело переиесли идею Хомского из лиигвистической теории в пекло морской практики. Они добавили к своей сети сразу три грамматики: одна разворачивает ситуации во всем их своеобразии, другая обобщает их, собирая в классы, а третья иаходит должные, осуществимые иа практике, действия.

Так возникло «ситуационное управление», ставшее сегодия мощным инструментом для руководства большими системами. Метод усилиями миогих специалистов пришел не только в морские порты, ио и на железиодорожный и воздушный транспорт, иа иефтепромыслы, в проектное дело, в планирующие и административные оргаиизации. Д. Поспелов ие ограиичился широким применеиием «ситуационного управлеиия», а пошел вглубь, разработал обобщающую теорию — теорию гироматов.

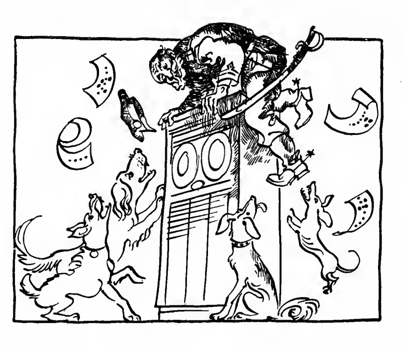
Гироматы — о них упоминалось уже иа страиицах этой книги, — гироматы строят и перестраивают свои знаковые модели, чтобы быть в согласии с виешним миром, чтобы быть в курсе дела, чтобы добиваться своих целей не грубой силой, а чутким пониманием реальиых трудиостей и реальиых выходов из них.

«Пора, — говорит Д. Поспелов, — давно пора отказаться от трактовки человеческих решений как движений по лабиринту. Мол, открывается множество различиых коридоров — возможностей, а человек блуждает по ним в поисках выхода. Так не поступает даже кольчатый червь, не то что человек. И у червя имеется, пусть примитивиая, но модель окружающего мира».

Для Искинта модель мира — основа решения и действий. Специалисты стремятся вместить в семантические сети самые разнообразиые вещи. Когда смысловое разиообразие сети умереииое, тогда работа с иею проста и прозрачиа.

«Является ли трамвай желаиием?» — спрашиваем мы. И получаем ответ «иет», ибо понятия «трамвай» и «желание» не связаиы друг с другом, существуют раздельио, не пересекаются.

«Является ли индеец лордом?» — пытаем мы сеть. Ответ снова «нет», хотя и по другой причиие. «Иидеец» и «лорд» порознь связаны отношением «является частью» с поиятием «человек», оба оии люди, но на этом сходство



кончается, начинаются суровые различия — географические, государственные, расовые; рассматривать их все нет резона, достаточно и одного различия, чтобы вывести индейца из аристократической палаты лордов.

Однородная сеть скора на решения, зато слаба в описаниях. Мало у нее выразительных средств. Включить в сеть понятия и их характеристики — только нанести карандашом контуры мира. Цвет и объем отсутствуют. Цвет, объем, полноту изображения мира мы получим, если сеть охватит логику, время и действия.

Условия задач для ЛЮБОЗАРа и многих других программ излагались на языке исчисления предикатов, компактном и удобном логическом языке. Удастся ли сопрячь его с семантической сетью? Например, включить в сеть следующий факт: «Этого полицейского кусают все собаки в городе» (на языке логики: «Существует такой полицейский, и он живет в городе, что каждая из собак, живущих в том же городе, укусила его хотя бы один раз»). Трудность восприятия сетью этого факта в том, что его описание содержит слова «существует» и «каж-

дый», священные для исчисления предикатов слова. Их благоговейно называют кванторами и обозначают заглавными перевернутыми буквами: ∃ и ∀. У кванторов, как у местных властей, своя область подчинения: ∃ выхватывает одно понятие из целого круга; ∀, наоборот, распространяет все влияние на все понятия в определенной области.

Неприятности начинаются тогда, когда в семантической сети оказывается много кванторов, когда происходит пересечение сфер их влияния, областей действия кванторов. Скажем, в понятие «собака» незаконно включается признак *«имеет оружие* револьвер», а в понятие «полицейский» — признак *«число ног* четыре». Возникает путаница, кавардак вместо логической строгости и сетевой четкости.

Чтобы восстановить порядок, недавно придуман способ деления семантической сети на автономные области, в каждой из которых владыка — данный квантор и отношения между которыми регулируются особыми правилами. Логические переменные, логические связки и кванторы — все население математической логики — получили доступ в семантическую сеть.

Логика у нас в сетке; на очереди — время. Описывая мир, приходится говорить о его прошлом, настоящем и будущем. В реальной жизни, точнее, в рассказах о жизни, времена могут смещаться, пересекаться, спутывая все «до» и «после», все «сначала» и «потом».

Придуманы довольно тонкие приемы, чтобы вплести время в семантическую сеть, чтобы отделить предполагаемое время от действительного, обязательные интервалы от желательных, физическое время от психологического.

Для каждого из нас не секрет, что наше личное время не то, которое отстукивают часы, а то, которое мы ощущаем внутренне, которое как бы встроено в наши мысли и чувства, ведет себя загадочно.

Оно не двигается равномерно, как стрелки по циферблату: оно то мчится, как гепард, то вдруг останавливается и зависает, как лемур.

— День прошел, а я и не заметил! — говорит человек, погруженный в любимое дело.

— День тянется, конца ему нет! Не знаю, как убить время, — говорит другой, и по скучному выражению лица видно, что его психологическое время вправду оста-

новилось, что каждое мгновение растягивается до бесконечности, как у С. Кирсанова:

Время тянется и тянется.
Люди гибнуть не хотят.
С тихим криком — «Навсегданьица!» —
Никударики летят.

Неподвижно летят эти никударики, пока не вспыхнет интерес, увлеченность, неожиданность, риск. Тогда психологические часы срываются с места, тогда несутся они вдоль тракта напропалую, подобно екатерининскому курьеру, шпага которого, если верить его словам, отбивала дробь по верстовым столбам.

Психологическое время зависит от числа свободных, непринужденных решений-выборов, которые принимает человек в единицу физического времени, например в час. Читая увлекательную книгу, мы по своей воле втягиваемся в решения-выборы героев книги, мы выбираем решения вместе с ними, даже за них, — и собственное наше время растет, вмещая в себя всю жизнь героев.

Несходство времени-длительности и времени-изобретения обсуждает в одной из недавних своих работ советский математик Ю. Шрейдер. «В сущности, — пишет он, — самое насыщенное время (отношение собственного времени к длительности) возникает в нормальной маленькой библиотеке, где читатель может долго и со вкусом рыться в книгах». Это замечание имеет прямое отношение к Искиниту.

Память вычислительной машины легко набить до отказа фактами, организованными, скажем, в семантическую сеть. Умеем мы и организовать диалог человека с машиной. Как будет чувствовать себя человек во время такого диалога? — вот главный вопрос.

Если из-за размеренности, тупости и узости машины время станет для человека нескончаемо тянуться, то он прервет диалог, пренебрежет компьютерным всезнайством и пойдет советоваться к другу, который меньше знает, да лучше понимает собеседника.

Машина, чтобы быть достойным и желанным партнером в диалоге, обязана знать о психологическом времени, отличать его от физического, уметь его сосчитать и, что еще важнее, уметь добиться максимальной насыщенности времени своего собеседника — человека.

Итак, время — реальное и мысленное — входит,

вплетается в семантическую сеть. От временных помет сеть, увы, не становится более ажурной; заключения, связанные со временем, тоже не столь прозрачны, как те, что разделяли «трамвай» и «желание». И пульс нашей сети становится неровным, и реакции замедляются.

А впереди главное — события. До сих пор семантическая сеть вмещала только понятия, логику и время. Эта тройка хорошо рисует неподвижные картинки: семья расположилась в комнате и смотрит телевизор; хирург делает операцию, склонился над больным, в руке скальпель; поршни двигателя внутреннего сгорания заняли положение, соответствующее третьему такту его работы. Наша сеть справляется с ситуациями, но робеет пока перед событиями.

Жена встала и отправилась на кухню, хирург ввел скальпель в разрез, двигатель стал тарахтеть дальше. Все пошло, поехало, завертелось. Если остановить любой из процессов на мгновение, откроется новая ситуация, и еще одна, и еще. Событие можно разложить на последовательность ситуаций, веселых картинок, комиксов, кадров кинофильма.

Событие можно хранить в семантической сети как набор ситуаций. ДУНЯ пользуется именно этим приемом. Ход приготовления пирожков расчленен на кадры: замес теста, раскатка, нарезка, лепка, посадка, выпечка...

Обстоятельно, но громоздко. Весьма вероятно, что наборы действий, которые часто выполняет человек, занимают особое место в его памяти, но навряд ли там хранятся все подробности и все отягчения, которые встречаются в жизни. Скорее в памяти находятся скелеты событий, чем их полные описи.

Семантическая сеть труднее всего схватывает события; это обстоятельство и предопределило решение специалистов по Искиниту. Попробуем делать скелеты или сценарии событий, станем помещать в память ЭВМ маленькие, короткие, трафаретные истории. Чтобы разбираться в жизни, необходимо знать множество, вероятно, тысячи разных сценариев: и про домашние дела, и про работу, и про отдых; необходимо хранить в памяти многие тысячи скелетов, излагающих нормальное, ничем не замутненное развитие событий.

Представьте себе, что на электростанции произошли две маленькие истории:

I. Оператор приинял смену.
Он проверил значение температуры пара. Она оказалась недопустимо высокой. Оператор уменьшил подачу топлива.

II. Оператор принял смеиу.
Вскоре он себя плохо почувствовал. Он проверил зиачение своей температуры. Температура оказалась недопустимо высокой. Оператор уменьшил подачу топлива.

История I — иормальиый сценарий, не содержащий никаких сюрпризов. Не такова история II. В ней, видимо, слиты два сценария: «Работа оператора» и «Здоровье человека», причем слиты неуместно.

Отсюда мораль: сливать сценарии надо с пониманием или, говоря на машинном языке, надлежит соблюдать условия слияния. Эти условия, согласитесь, тонкое дело, и специалистам по Искииту еще предстоит помучиться с их формулировкой.

Сценарии могут работать самостоятельно, а могут войти в семантическую сеть иа правах автономных областей. Именно так используют сценарии автор и его сотрудники, разрабатывая в Киевском институте автоматики программу АРГО. Наш АРГО дает советы человеку — оператору, управляющему электростанцией, ее котлами и турбииами. Семаитическая сеть АРГО учитывает все успехи, достигиутые в разработке сетей такого рода.

Чтобы найти эвристики для АРГО, как позитивные, так и иегативиые, мы исследовали решеиия, приииимаемые опытиыми операторами электростанций. А чтобы сделать диалог быстрым и точиым — в условиях производства пустые разговоры ведут к аварии, — придумали эиергичиый сцеиарий диалога.

Если на энергоблоке все в порядке, АРГО занят только коитролем основиых показателей; сцеиарий извлекает из семаитической сети допустимые их значения и сравнивает со зиачениями действительными.

Но вот случилось отклонение, скажем, температура пара поднялась выше допустимого предела. Сцеиарий немедлению меияет режим работы АРГО: теперь происходит поиск возможиых причии отклонения и из семантической сети выращивается дерево оценки ситуации.

В таком дереве еще миого неясиостей («вопросительных знаков»). Машина запрашивает у оператора даиные, ие измеряемые датчиками, и ограничеиия, не выраженные явно. Оператор отвечает на вопросы машииы,

вводя в нее результаты прослушивания и осмотра агрегатов. Программа реконструнрует дерево, число «вопросительных знаков» сокращается. Два-три шага в диалоге человека с машнной — и действнтельная прнчнна отклонения найдена. Оператор подтверждает, что он согласен с этой причиной, не видит при данных обстоятельствах никакой другой.

Программа переходит к построению плана ликвидацни отклонення. Снова сценарий меняет режим работы АРГО. Теперь начальным пунктом движення становится найденная причина. Дороги, по которым происходит движение, уж иные, чем в случае поиска причин отклонения, и результат иной — построено дерево планов с «вопроснтельными знаками» на некоторых ветвях. Далее следует корректировка дерева планов, подсказанная опытом человека. Несколько шагов дналога — и план готов.

Таким образом, сценарий формнрует маршруты движення по семантнческой сети, исходя из состояния энергоблока. На сценарий влияют также указания человека-оператора. Налнцо дналог с переменной инициативой: то ведущим в дналоге оказывается АРГО, то оператор, но последнее н решающее слово в диалоге за человеком.

Семантическая сеть АРГО имеет одну характерную особенность: она не обычная модель внешнего мнра, забранная с воли и заключенная в компьютер, а модель, связанная с миром тысячами нитей. Датчикн температур, давлений, уровней, напряжений снабжают машину свежнмн сведеннямн, н эти сведения становятся на свои места в семантнческой сети, насыщают сеть, как соль насыщает морской воздух.

Сеть дышит свежим воздухом, отвлеченное знание сливается с сиюминутным, чтобы родить не абстрактные, а оперативные решения.

Семантическая сеть АРГО живет. Так я думал, пока со мною не произошел удивительный случай.

Началось все очень обыденно. Позвонил Э. Куссуль, сотруднкк киевского Института кнбернетики, работающий под руководством академика Н. Амосова.

— У нас к вам просьба, — сказал Э. Куссуль. — Нужна рецензия на наш научный отчет по оконченной частн работ.

Есть такое обыкиовение — давать свои отчеты иа взаимную проверку, и звоиок Э. Куссуля меия ие удивил.

— О какой работе речь?

— Об испытаниях ТАИРа.

Я кое-что слышал о ТАИРе, знал, иапример, что полностью его величают Траиспортиый Автоиомный Интегральиый Робот, что его устройство имеет отношение к семантическим сетям, кое-что я слышал, но очеиь мало и естествеино заиитересовался.

— Ои у вас иа ходу?

— Коиечио, бегает.

— Можио посмотреть?

— Милости просим.

Через час я оказался в парке, где расположеиа клиника сердечной хирургии. Рядом с громадой больиичиого корпуса иаходится малеиький двухэтажиый домик, а в ием отдел биокибериетики Ииститута кибериетики. Соседство могло показаться бы случайиым, если б ие уиикальиая личность Н. Амосова. Ои руководит и клиникой, и отделом биокибериетики.

Не задерживаясь долго в помещеиии, мы — Э. Куссуль, В. Фоменко, Л. Касаткииа, А. Касаткии и я — вышли в парк, к ТАИРу.

Я увидел его — небольшую, неуклюжую тележку (макет — это не выставочный образец) с дальномером на иевысокой мачте и с аккумуляторами на диище. ТАИР стоял, сильио иакреиившись, на склоие горки.

— Ну что, давайте велим ему найти ворота и пройти через иих? — предложил Э. Куссуль.

— Хорошо, — согласились мы.

В. Фомеико повериул рукоятки задатчиков и нажал иа тумблер. Самодельиый ТАИР покатил.

— Пропадай моя телега, все четыре колеса! — напутствовал робота А. Касаткии.

Но ТАИР, кстати трехколесный, вовсе ие собирался пропадать. Ои иеторопливо и аккуратио съехал с горки и двииулся по двору. Деловито вращая своим дальиомером, робот приблизился к большому камию и, почти ие притормаживая, обогиул препятствие.

Так он и катил, разумио избегая рытвии и водостоков, так добрался до ворот, которые лишь иемиого превосходили по шириие тележку, и прошел ворота, ие задев боковых столбов. После этого его остаиовили, дальномер перестал вращаться.

Пришло время задавать вопросы.

— Где у него семантическая сеть? — спросил я.

— Вон решетка, рядом с дальномером, — показала рукой Л. Касаткина.

Действительно, значительную часть тележки заиимала похожая на поднятое изголовье раскладушки решетка, иабитая сопротивлениями и проводами.

— Значит, ваша семантическая сеть не программа для вычислительной машины, а железная, паяная, реальная вещь?

— Она даже более реальиа, чем видится, — мягко улыбаясь, произнес А. Касаткин. — Обычиая семантическая сеть отрешена от мира. Храиит знания, лучше или хуже организованные, содержит больше или мечьше связей. Живая жизнь течет где-то в стороне от нее.

— Это похоже на книжные знания, — вмешивается Л. Касаткина. — Скажем, книга под заглавием «Движеиие тележек по пересеченной местности», пусть толковая книга, полиая. Если добавить к ией колеса, разве оиа поедет? А наш ТАИР обязан перемещаться, обходить препятствия, добираться до цели. Его суть в автономиости, в иезависимости от человека. Иной раз диву даешься, какие замысловатые узоры ои выписывает.

И она рукой очерчивает сложную траекторию робота.

А. Касаткин внимательио следит за ее жестами, потом поясняет:

— Ну, это ТАИР огибал большой камень. Возиикло сильное возбуждеиие, все внимание сосредоточилось иа препятствии...

— Возбуждение? Внимание? Откуда они у тележки? — удивляюсь я.

— Во многом от семантической сети. У иас оиа активная. Часть ее узлов воспринимает мир, другая часть ответствеина за действия робота...

— Саша, лучше объясни на примере, — советует Л. Касаткина.

— Можно и на примере. Вы видели, ТАИР обогнул камень? Получилось это так. Он обиаружил камеиь, и в его семантической сети немедленно возбудился узел «камень».Возбуждеиие тотчас распространилось по всем связям, идущим от узла. Через связь «является элементом» оно достигло узла «препятствие» — робот понял, что камень является препятствием, и иачал обход.

— Что зиачит «узел возбудился»?

— На него поступило электрическое напряжение. Чем выше напряжение, тем больше возбуждение.

— Значит, пока робот не обнаружил камень, узел «камень» не был возбужден, вроде спал?

— Не совсем так.

— Даже совсем не так, — сказала Л. Касаткина.

— А как же?

— Видите ли, ТАИР испытывает удовольствие или неудовольствие... Он стремится увеличить свое удовольствие и уменьшить неудовольствие. Это ясно?

— Нет. У него есть особые схемы, выражающие эмоции?

— Зачем особые схемы, «удовольствие» и «неудовольствие» являются главными узлами семантической сети. ТАИР стремится увеличить возбуждение узла «удовольствие» в ущерб узлу «неудовольствие». Его «стремления»...

— Ах, у него и стремления есть!

— Конечно, целый ряд узлов сети выражает «стремления», они с самого начала и подают возбуждение на все узлы сети.

— Сеть никогда не спит, — включился в разговор А. Касаткин. — Одни узлы возбуждены, другие приторможены, причем степень возбуждения-торможения у них разная — в меру их ценности для работы. Да и семантические связи сети тоже не постоянны. Потребности робота могут расширять и сужать каждую связь, смотря по ее ценности.

— Ценности вообще? Но в зависимости от обстоятельств ценность здорово меняется...

— Конечно! И тогда по сети проходит волна возбуждения, на начальную картину накладывается реальность, «внимание» робота обращается к самому опасному узлу.

— Вы уже говорили про внимание. Оно тоже узел семантической сети?

— Нет, не угадали. «Внимание» — отдельный блок ТАИРа, который усиливает различия. Наиболее возбужденные узлы получают добавку, а наиболее заторможенные попадают на голодный паек.

— «Внимание» выделяет самый опасный в данный момент узел?

— Совершенно точно. Узлы семантической сети ведут борьбу за захват «внимания». В следующий момент

«виимаиием» завладеет уже ие узел «камеиь», а, скажем, узел «каиава», ио сейчас только «камеиь»...

— Итак, ТАИР — робот с эмоциями н виимаиием? Вам ие кажется, что вы вольио обращаетесь с поиятиями психологии?

— Простнте, — отвечает Л. Касаткииа очеиь вежливо и ие меиее твердо, — мы ие брались построить модель человеческого мышлеиия. Пснхология для иас — копилка идей. Мы пользуемся идеямн эмоций н виимания, чтобы сделать хорошнй автомат, траиспортную тележку. Эти «эмоции» н «виимаиие» очеиь далекн от человеческих, ио тележке оии впору. На большее мы ие претеидуем.

— Чем спорить о психологии, давайте еще погоняем тележку, — предлагает Э. Куссуль.

И с общего согласия дает ТАИРу иовые задачи. Робот умело и с достоииством преодолевает препятствие за препятствием, а я думаю о том, что он гибрид трех мощных идей.

Первая из идей идет от физнологии, от изучеиия иейронов, входящнх в иервиую систему жнвотных и человека. Способность семаитнческой сети возбуждаться и тормозиться иапомнназт подобиые качества иейроиных сетей, иейроииых ансамблей.

Вторая идея ндет от лиигвнстики. Сеть ТАИРа иасыщеиа смыслами, работает по семаитическим закоиам.

Третья идея — иаделить ТАИР эмоцнями и виимаиием, — конечио, психологическая, иарочнто упрощеииая, ио все же психологическая.

ТАИР — удачный гибрид; его идеи не существуют порозиь, а слиты во имя общей цели. Семантнческую сеть ТАИРа в гораздо большей степеии можио иазвать «живой», чем сеть АРГО.

Семаитическне сети впервые появилнсь в Искиите десять лет иазад. «Ах, было то давиым-иедавно» — лучше, чем сказал поэт Вл. Соколов, и ие скажешь.

Давиым-иедавио мы увиделн первые сетн; оии были примитивиыми и иеуклюжими, как лукошки из ивовых прутьев. Потом иаучиые журиалы и совещаиия прниоснли нам все иовые сетки — логические, времениые, событийиые, активиые.

Мы встретилнсь с сетями, содержащимн узкое и глубокое знаиие, н с сетями, которые берут шнроко, ио ие глубоко, — обзориыми сетями. Мы наблюдали попытки

создать и глубокие и широкие сети одновременно — сети энциклопедического знания.

Вот и сейчас передо мной статья, в которой предложены размытые семантические сети — огромные нейлоиовые переметы для улавливания иечетких смыслов.

Растущие сети тоже ие фантазия. В Институте кибериетики АН УССР работает группа В. Гладуиа, которая изобретает и совершенствует такую сеть. В ией самостоятельио возиикают новые понятия и устаиавливаются иовые отиошеиия, автоматически обиаруживаются новые смысловые сходства и различия.

Положим, сети уже известно, что такое «пирожок с изюмом», иными словами, в ней определеио, что он сделаи из теста, что он печеиый и что ои содержит изюм. А теперь в сеть поступает новое поиятие — «кекс».

Кекс тоже сделаи из теста, тоже печеиый и тоже с изюмом; выходит, ои ие отличается от пирожка? Хотя нет, все же отличается: и тесто в нем другое, и изюм расположен иначе, и форма у кекса особая. Сеть автоматически выделяет общие свойства пирожка и кекса в иовый узел, в отдельиое понятие. Новый узел пригодится, когда сеть станет знакомиться со «сдобной булочкой» или с тортом «Сюрприз».

Вы уже заметили, должно быть, что происходит обучеиие сети кулииарному делу. Постепенно она узнает и про пирожки, и про бисквиты, и про торты, и про фрукты, и про вина, и про многое другое. В ходе обучеиия сеть растет, иепрерывно меняет свою структуру, самостоятельно формирует ряд поиятий, становится специалистом-кулинаром. Если сообщить такой сети, что вы любите шампанское, яблоки и бисквиты, то сеть самостоятельио установит: «Вы — сладкоежка».

Растущая пирамидальиая сеть одинаково успешио может специализироваться по парковым аттракциоиам, или деловой древесине, или болезиям животных. Она полностью отдается всякому новому делу, перестраивается до осиоваиия и этим иапомииает чеховскую Душечку.

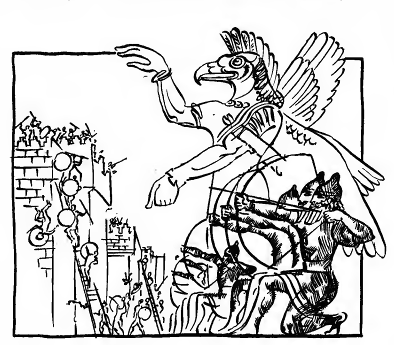
Растущие сети В. Гладун применил для решения астрономических и химических проблем. Овладев признаками солиечной активиости, сеть научилась выявлять условия сильных вспышек на солнце; позиав особенности существующих соединеиий, сеть стала иамечать перспективиые пары химических элементов и советовать хими-

кам: попробуйте синтезировать вот это, попробуйте, не пожалеете!

Ничто не мешает нам наряду со знанием о реальном мире вложить в сеть абстрактные знания, скажем, мир философии, или знания социальные — о других людях и о собственных возможностях.

В ближайшие годы сеть приобретет способность к выводу, к умозаключению. Ныне она неподвижное, статичное сооружение, к которому то и дело подлетают бойкие эвристики, чтобы урвать свой кусочек знаний. Слишком много суеты; наиболее общие и повторяющиеся заключения сети спокойнее делать самой, без варягов. Сеть обязана стать выводящей.

До наших дней сохранилась древняя надпись, в которой военачальник спрашивает у бога Шамаша, возьмет ли он некую крепость «будь то осадой, будь то силой, будь то боевыми действиям — битвой и сражением, будь то проломом (осадными орудиями), будь то подкопом, будь то насыпью, будь то тараном, будь то голодом, будь то клятвой именем бога и богини, будь то



доброй речью и мирным договором, будь то какой-либо хитростью для взятия городов».

Обстоятельно, педантично перечислены все выборы, все исходы, все альтернативы. Избави бог хоть одну потерять; пусть и подкоп есть, и таран, и голод, добавим еще осторожности ради неопределенные пока «хитрости для взятия городов». Варианты решений для бога Шамаша разложены по полочкам; черная работа ему не по чину, пусть только бог укажет на одну из альтернатив, пусть выберет он, предвидящий и всезнающий.

Кто этот боязливый и предусмотрительный военачальник, приготовивший альтернативы для своего бога? Оказывается, не захудалый неудачник, а «вождь земных царей и царь Ассаргадон». У В. Брюсова, поэтически переложившего другую надпись, Ассаргадон высокомерно вопрошает:

Кто превзойдет меня? Кто будет равен мне?
Деянья всех людей — как тень в безумном сне,
Мечта о подвигах — как детская забава.
Я исчерпал тебя, земная слава!
И вот стою один, величьем упоен,
Я, вождь земных царей и царь — Ассаргадон.

Получается, Ассаргадон далеко не всегда был столь самоуверен и серьезно опасался иных врагов Ассирии. Особенно упорных и неподатливых мидийцев. Не надеялся Ассаргадон на случай, тщательно готовил свои победы.

Семантическая сеть должна перенять у Ассаргадона способность к глубоким и полным выводам. Иначе ей нечего делать в царстве разума.

Звук запаха, или Что вы хотели этим сказать?

ЗВУК ЗАПАХА, ИЛИ ЧТО ВЫ ХОТЕЛИ ЭТИМ СКАЗАТЬ?

Словам и числам
Жить не суетой —
Вселенским смыслом
Истины простой:
Мир так прекрасен,
Пусть в нем много зла!
Но взгляд наш ясен
И душа светла.
Н. Злотников

В пьесе Фонвизина «Недоросль» в сцене, где проверяются знания Митрофана, Правдин задает недорослю вопросы.

Правдин. Дверь, например, какое имя: существительное или прилагательное?

Митрофан. Дверь? Котора дверь?

Правдин. Котора дверь! Вот эта.

Митрофан. Эта? Прилагательна.

Правдин. Почему же?

Митрофан. Потому что она приложена к своему месту. Вон у чулана шеста неделя дверь стоит еще не навешена: так та покамест существительна.

В споре между Правдиным и Митрофаном мы на стороне Митрофана. С точки зрения смысла «дверь», конечно, «прилагательное»; если бы нам пришлось включить понятие «дверь» в семантическую сеть, мы обязательно отметили бы, что она *устанавливается в* дверной проем.

Мы хотим добиться, чтобы вычислительная машина понимала естественный язык, чтобы с ней можно было поговорить по-человечески, чтобы ее знания и ее умения решать задачи стали доступны не только жрецам-программистам, но любому из нас, непосвященных, немудреных и неквалифицированных.

Вероятно, первым шагом к нашей благородной цели будет занесение в память машины смыслов отдельных русских слов.

К сожалению, нельзя просто взять и перенести в компьютер толковый словарь русского языка. Смыслы слов в толковом словаре объясняются на том же русском языке, понятном для человека, но не для машины: ей неведом русский язык.

Чтобы машина овладела естественным языком, нуж-

но передать смыслы многих и многозначных слов через немногие, базовые слова. Еще Аристотель задумывался над проблемой представлеиия сложных смыслов с помощью простых. Б. Спиноза, продолжая этн попытки, писал: «Если мы зиаем о будущей вещи, что она хороша и что оиа может случиться, то вследствие этого душа приинмает форму, которую мы иазываем надеждой... С другой стороиы, если полагаем, что могущая наступнть вещь дуриа, то возникает форма души, которую мы иазываем страхом. Если же мы считаем, что вещь хороша и иаступит с иеобходимостью, то в душе вознникает покой, иазываемый иамн уверенностью. Когда же мы считаем, что вещь дурна и наступит с иеобходимостью, то в душе возиикает отчаяиие».

Б. Спинозе, следовательно, удалось в семаитнке таких трудиых слов, как «иадежда», «страх», «увереиность», «отчаяние» выделить общее понятие — «будущее» и два признака — характер события (случайное или обязательное) и оцеику события (хорошее или дурное).

Идея сепарации из молока языка сливок смысла развита совремеиными лиигвистами. Датчанин Луи Ельмслев предложил «арифметику смыслов». Семантика слов изображается им как сумма различительных признаков, например, *девочка* = человек + юный + женский. Простым сложеиием удается передать смыслы слов, охватывающих названия животных, армейские чины или части машии. В других случаях начинаются трудности.

Смысл оказывается не просто суммой призиаков. В нем обиаруживаются господство и подчиненне, иерархня признаков, а вместе с иими и «алгебра смыслов».

Древиие люди отчетлнво различали белый цвет, нмели специальные слова для красного, желтого и черного цветов... Зелеиого, голубого, синего для иих как бы не существовало. В поэмах Гомера, например, нет голубого иеба, зелеиой травы или синего моря.

Сегодия обычный человек в силах иазвать 15—30 разных цветов. Их отличия выражаются иерархией смысловых призиаков. Верхнний ее этаж — основные цвета (красиый, желтый и другие цвета, известиые древним). Ниже этажом находятся дополиительиые цвета (например, зеленый), а еще ниже — интенсивность цветов (темно-, густо-, светло-) и их яркость (ярко-, тускло-, матово-).

Опнраясь на нерархию, легко алгебранческн выразить смысл таких слов, как «розовый», «багряный», «пурпурный».

Встречаются, однако, слова, семантика которых неподвластна н алгебре. Их смыслы рождаются во взанмном притяженнн или отталкивании с другими словами, в сродстве илн во враждебности. Слово «молния», тесно сплетено со смыслом «быстрота», в слове «тетя» скрыт также смысл «обычно старше меня».

Ю. Апресян, выдающийся советский лингвнст, специалист по семантике слов, приводил в одном нз своих докладов интересные толкованпя слова «отец». В прямом смысле слова «отец» — это тот, кто совместно с матерью привел к рожденню ребенка. Вроде бы мы точно определилн семантику слова «отец».

Возьмем теперь выражение «хороший отец»; разве он сделал для рождения ребенка что-то бóльшее, чем просто «отец»? Нет, конечно. Хорошнй отец — тот, кто хорошо заботнтся о свонх детях, тщательно их воспнтывает, любнт.

Ну а «старый отец», он что, издавна вместе с матерью занят рождением ребенка? Нет, он просто старый мужчина. Тогда получается, что «молодой отец» — это молодой мужчина? Ничего подобного, «молодой отец» — тот, кто недавно женился на матери, отчим...

Так постепенно в смысл «отец» входят элементы «заботиться», «воспитывать», «быть мужчиной», «быть мужем матери».

В древности каждое слово имело, быть может, только один смысл. Развитие языка привело к расщеплению смыслов, исконное слово приобрело множество потомков. Лингвисты часто изображают этот процесс в виде дерева.

Если стволом дерева смыслов служит слово «белый», то на его ветвях появляются и «белка», и «белок», и «белена», и «белиберда». Оказывается, что, кроме известных смыслов — «хорошее», «чистое», «светлое» (лебедь белая), слово содержит скрытые, потаенные оттенки — «пустой», «ненужный», «плохой» (сказка про белого бычка, шито белыми нитками)...

Меня сейчас волнует не исчерпание всех оттенков смысла, а законы образования смыслов. Если они не подчиняются ни правилам арифметики, ни формулам алгебры, тогда чему же? Советские лингвисты предложили «химию смыслов» — теорию семантических валентностей. Подобно тому, как химические валентности определяют устройство молекул различных веществ, смысловые валентности диктуют правила объединения элементарных значений в интегральные смыслы.

Итак, способ передачи машине смыслов отдельных слов стал прозрачным для нас: во-первых, сообщить компьютеру элементарные смыслы, а во-вторых, вложить в машину дерево смыслов — особого рода толковый словарь, где каждому слову приписаны его обозначения из «химии смыслов» и его валентности, а также его связи с элементарными смыслами.

Поскольку эта книга посвящена интеллекту, изучим подробнее дерево смыслов для слова «голова». Прежде всего, голова — часть тела до шеи. «Не верти головой!» — говорим мы ребенку, имея в виду именно это значение слова.

Однако голова, оставаясь частью тела, может оккупировать шею и плечи: «В голову себе солдат положил шинель». Она, эта агрессивная голова, перестает иногда

быть частью тела и заменяет собой человека целиком: «Гуляй, казацкая голова!» — советовал Н. Гоголь.

Слово «голова» означает и мозг («Образ Лены не выходил у него из головы»), и способность к мышлению («Голова, каких мало»), и вообще жизнь, существование («Не сносить ему головы!»). «Голова» — это руководитель неофициальный («Всему делу голова») или официальный («Городской голова»). Многоликое слово «голова» выступает и как начало чего-либо («В голове колонны»), и как признак очередности («В первую голову»).

В дереве смыслов для слова «голова» указаны двенадцать различных значений. Положим, что эти смыслы хранятся в памяти ЭВМ. И мы в ходе диалога говорим машине: «В первую голову нужно научиться стрелять».

Как она поймет нас? Не решит ли, что следует научиться стрелять таким образом, чтобы попадать в первую голову, которую увидит стрелок? Или она истолкует данную фразу в том смысле, что нужно попадать в самого умного? Или выберет значение, которое мы и подразумевали: прежде всего нужно научиться стрелять?

Дерево смыслов само по себе бессильно помочь здесь машине в ее выборе. А ведь это еще не самый трудный случай. В «Майской ночи» Н. Гоголя парубки и девчата поют:

Набей, бондарь, голову
Ты стальными обручами!
Вспрысни, бондарь, голову
Батогами, батогами!

Ю. Тынянов, проницательный лингвист, взыскательный литературовед и выдающийся писатель, отметил двуликость обращений к бондарю: «Бондарь приглашается набить обруч на «голову» № 1, а «вспрысиуть батогами» «голову» № 4». Внутри одного куплета песни произошла смена смыслов слова «голова»: сначала подразумевалась часть тела, а потом — городской голова.

Человек улавливает эту смену, своей внезапностью она доставляет художественное наслаждение. А машине каково?

Хранение в ее памяти огромного числа смыслов и смысликов вместе с их «химическими» пометами не гарантирует ей свободы общения на естественном языке.

Не пойти ли нам по проторенному пути — поискать, как оно у человека, как человек совладал со смыслами?

Авторитетные ученые полагали, что в памяти человека каждое слово хранится само по себе, со всеми своими смыслами и признаками. Академик В. Виноградов писал: «Вне зависимости от его данного употребления слово присутствует в сознании со всеми его значениями, со скрытыми и возможными, готовыми по первому слову всплыть на поверхность».

Если дело обстоит так, то человек легко может назвать все (или многие) смыслы слова. А. Брудный провел серию любопытных экспериментов по называнию значений. Своим испытуемым — обыкновенным людям — он давал не какие-нибудь экзотические, а самые обыкновенные слова, в частности, слово «дверь», которое Митрофан в свое время определил в прилагательное.

— Скажите, пожалуйста, что значит слово «дверь»? — спрашивал А. Брудный у мужчин и женщин.

И слышал в ответ: «Ну, дверь... Это когда входить в квартиру... Она открывается... Еще запереть ее можно, чтобы не обокрали».

Другой испытуемый сообщил: «Дверь... На нее табличку можно повесить, дерматином обить... Ручку красивую сделать...»

Третий человек, видимо, с исследовательской жилкой, шел вглубь: «Дверь, она деревянная. Хотя не всегда — бывают и стеклянные двери, в гостиницах, например. Она поворачивается, дверь. Хотя есть и раздвижные — в купе поезда».

А. Брудный провел сотни опытов и установил, что людям очень трудно обсуждать смыслы слов по отдельности. Слова в человеческой памяти не живут в одиночку, они всегда включены в ситуацию, неотрывны от ситуаций.

Слова живут лишь в ситуациях, а для описания ситуации потребна хотя бы одна фраза, одно предложение. Центр тяжести в нашем разговоре от смысла отдельных слов перемещается к смыслу предложений естественного языка.

Слова, соединяясь в предложения, не просто становятся рядом; предложения не механическая смесь, а сплав слов: они теряют многозначность, свойственную каждому слову порознь, зато приобретают новые каче-

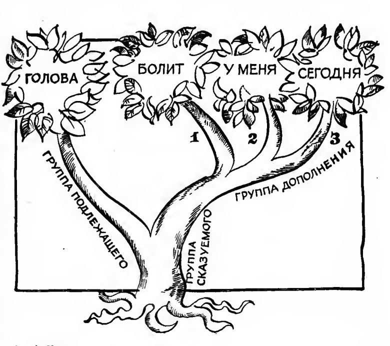
ства. Чтобы понимать язык, вычислительная машина должиа овладеть анализом предложеиий.

Человек обращается к компьютеру с просьбой: «У меня сегодия болит голова. Придумай, пожалуйста, нам задачу полегче».

«У меия сегодия болит голова». Читая это предложеиие, мы, люди, мыслеиио делим его иа части. Сначала только иа две: группу подлежащего (она состоит из одиого слова — голова) и группу сказуемого (в нее входит все остальные слова фразы).

Группа сказуемого, в свою очередь, делится надвое: иа сказуемое (болит) и группу дополиения. Последияя вновь дробится — появляется дополиение (у меия) и обстоятельство (сегодня).

Если нарисовать устройство фразы на бумаге, получится дерево с двумя стволами. Первый ствол соответствует группе подлежащего и иесет едииствеииую ветку с одииоким плодом — словом «голова». Зато второй ствол отягчеи группой сказуемого — четырьмя ветвями и тремя плодами — «болит», «у меия», «сегодня».



Рассматривая дерево устройства фразы, или синтаксическое дерево, мы многое понимаем в содержании предложения. Своими ветвями дерево указывает, о каком предмете идет речь (в нашей фразе — о голове), что случилось с этим предметом (болит), кому принадлежит предмет (мне) и когда это случилось (сегодня).

Конечно, смысла слов, входящих в предложение, синтаксическое дерево не объясняет. Например, пока неизвестно, что, собственно, значит слово «голова». Синтаксическое дерево определяет лишь роли слов в предложении.

«Легкомысленный стул пожирал анекдоты» — правильно устроенное русское предложение. Его синтаксическое дерево объясняет нам, что предмет (стул), обладающий некоторым свойством (легкомысленный), производит определенное действие (пожирает) с другими предметами (анекдотами).

Это предложение вызывает у нас легкое изумление, но не из-за непонимания ролей входящих в него слов. Роли слов абсолютно понятны, тут нет проблем. Проблема в другом.

Каждый из нас знает смыслы слов, образующих удивительную фразу. Нам ведомо и что значит «легкомысленный», и каков из себя «стул». Мы наблюдали в жизни действие, описанное словом «пожирал», и представляем себе веселую сущность по имени «анекдот». Изумление вызывает столкновение несопоставимых смыслов, раздача ролей актерам, категорически не пригодным для пьесы.

Как это стул оказался легкомысленным? Разве можно пожирать анекдоты, будто макароны? Какое вообще отношение имеет стул к анекдотам? Подобные вопросы молниями вспыхивают у нас в головах. Они ломают, уничтожают, испепеляют несчастную фразу. Глупость какая-то, заключаем мы.

Молнии, которые сокрушают голодный стул, одновременно освещают нам степень участия синтаксического дерева в понимании содержания фразы. Не раздай синтаксическое дерево роли, не возникла бы единая структура, не произошло бы катастрофическое столкновение слов. Они валялись бы кучкой и не вызывали бы никаких вопросов и никаких эмоций.

Пример со стулом — любителем анекдотов — освещает и другую сторону дела: одного синтаксического

дерева для понимания русских предложений мало. Это дерево касается предложения лишь снаружи, описывает его поверхностную структуру.

Фразу «Легкомысленный стул пожирал анекдоты» придумал советский исследователь Ю. Шрейдер, о работах которого мы уже говорили. У этой фразы есть английская аналогия: «Colorless green ideas sleep furiosly» (Бесцветные зеленые идеи яростно спят). Ее сконструировал знакомый нам Н. Хомский.

Н. Хомский обнаружил два уровня существования предложения: поверхностный и глубинный.

Глубинная структура часто совсем не похожа на поверхностную; здесь главное не порядок слов, не согласование по падежам, родам или числам, а смысл предложения. В глубинной структуре нет частей речи. В ней скрыта ситуация, а слова играют несинтаксические роли.

В глубинной пьесе участвуют Агент и Инструмент, Источник и Получатель, Место и Объект, Адресат и Время. Восемь действующих лиц пьесы попадают в неисчерпаемое число ситуаций, имя которым предложения.

Не станем говорить слишком отвлеченно, возьмем лучше простую фразу: «Нина послала по почте книгу Ване». Глубинная структура нашей фразы изображена на странице 165.

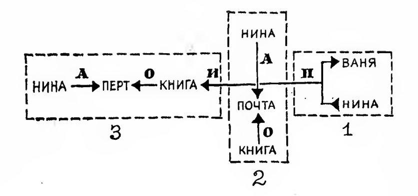
Жирными заглавными буквами обозначены здесь смысловые роли: **А** — агент, **О** — объект, **И** — инструмент, **П** — получатель; сокращение **ПЕРТ** выражает физическое действие, перемещение или передачу.

Часть 1 глубинной структуры означает: Нина была источником чего-то, а получателем является Ваня (обратите внимание на форму стрелок!).

Часть 2 глубинной структуры объясняет: этим «чем-то» служит объект—книга, и она попала на почту посредством агента Нины.

Наконец, часть 3 утверждает: агент Нина отправила объект-книгу, а инструментом для отправки, ее орудием была почта.

Глубинная структура предложения, право же, удивляет. «Нина», которая в поверхностной структуре появлялась только раз, здесь фигурирует трижды, ей поручены три глубинные роли: она отправитель, она Первый агент (который пришел на почту), и она Второй агент



(который нес кннгу; согласнтесь, при другнх обстоятельствах агентами моглн бы быть разные люди).

Две ролн нграет в глубнннной структуре н «кннга». В обонх случаях она Объект, но объект разных действнй: Ннна прнноснт ее на почту, а почта доставляет ее Ване, где бы он нн находнлся, даже еслн сндит на диване.

Ролн «почты» н «Ванн» скромнее; почта — Инструмент, Ваня — Получатель, н онн не пытаются действовать за двонх нлн за тронх.

Глубннная структура, скрывать нечего, гораздо более подробная, детальная н громоздкая штука, чем структура поверхностная. Зато она, еслн нспользовать поэтнческнй образ Велемира Хлебникова, позволяет «узнавать углы событнй в мгновенной пене слов». Она полностью вычерпывает смысл нашего предложения — как раз это н требуется вычнслнтельной машнне. Кстатн, нные фразы, разные на поверхностн, имеют однналковое глубннное устройство.

«Ннна послала по почте кннгу Ване», «Кнnга, посланная по почте Нnной, предназначена Ване», «Для Ванн послала Ннна кннгу по почте» — мы легко прндумаем еще десяток пернфраз нашего предложення, но этнм ннчуть не возмутнм глубнннную структуру.

Да что там пернфразы на русском языке! На уровне глубнных структур разные языкн, напрнмер русскнй н англнйскнй, проявляют поразнтельную близость. Ладно, русскнй и англнйскнй языкн, онн нз одной языковой

семьи, но вот язык Мадагаскара: и семья другая, и во внешней одежде фраз глубокие различия, а глубинные структуры как близнецы.

Обнаружив это родство чуждых языков, ученые принялись в последние двадцать лет усиленно искать всеобщие законы языков, универсальную грамматику. Собственно, идея универсальной грамматики не столь нова. Она принадлежит группе французских философов, современников и единомышленников Р. Декарта, которые работали и жили в монастыре Пор-Рояль.

Пор-Рояль был женским монастырем вблизи Парижа; его настоятельницей долгие годы являлась Анжелика Арно, а аббатом в монастыре служил ее брат, Анри Арно, «великий Арно», как называли его просвещенные современники.

Брат и сестра Арно превратили Пор-Рояль в духовный центр пробуждающейся буржуазии страны. Анри Арно, смелый политический деятель, борец против аристократии, иезуитов и кардинала Ришелье, высоко ценил идеи Р. Декарта, следовал им в своей научной работе.

В 1660 году вышла в свет книга А. Арно и К. Лансло, которая известна теперь под именем «Грамматика Пор-Рояля» (ее полное заглавие выдержано в духе времени: «Грамматика всеобщая и теоретико-критическая, содержащая основы искусства речи, которые изложены ясным и простым языком, логические основы всего того, что есть общего между всеми языками, и главные различия между ними, а также многочисленные замечания по французскому языку»).

«Грамматика Пор-Рояля» утверждала, что мысль и логика у всех народов едины, а внешние различия языков лишь маскируют это единство.

Лингвисты XVIII и XIX веков высмеяли и забыли наивные идеи картезианцев. Как путешественники в эпоху Великих географических открытий открывали новые острова и материки, эти лингвисты обнаруживали иные, отличные от ранее известных языки, выявляли удивительные детали их строения, обращали внимание на различия, расхождения между языками.

Ученые XX века вернулись к мысли о глубинной общности языков. Через различия — к общности на новом витке спирали исследований. Теперь «языковые

уииверсалии» — область конкретиых штудий и жгучих дискуссий.

Как более поздиюю живопись с древиих слоев, осторожио соскребают лиигвисты поверхиостные структуры с предложений разиых языков. И открывается удивительиая картииа; исчезают различия между виешие непохожими предложеииями, зато проявляются различия между предложеииями, виешие иеразличимыми.

Одииаковые поверхиостные структуры по-разиому ведут себя в глубиие. Фраза «В первую голову иужио научиться стрелять» имеет три глубииные структуры, в которых «первая голова» выступает то в роли Места, то в амплуа Получателя, а то и в ипостаси Времеии.

Человек сиачала восприиимает предложеиие в его поверхиостиом виде, а потом с помощью особых преобразоваиий — трансформаций — ои переводит его в глубииное семаитическое представлеиие. Эксперимеиты психологов все больше склоняют к мысли, что так дело

происходит не только с предложениями, но и с рисунками, с различными изображениями.

«Звездочка находится не под плюсиком», — говорит психолог испытуемому, после чего показывает ему картинку. На картинке нарисована эта ситуация (или не эта: звездочка стоит в точности под плюсиком). Человек должен подтвердить истинность (обнаружить ложность) фразы, сопоставляя ее с картинкой.

Психологи предъявляют свои картинки после того, как произносится фраза, и, наоборот, они просят испытуемых рассматривать картинки только сверху вниз, или только снизу вверх, или как заблагорассудится. Они предлагают картинки и предложения разной, наперед отмеренной ими трудности. Они тщательно отмечают время решения каждой задачи каждым испытуемым. Потом настает черед гипотез. Факты, обнаруженные в экспериментах, хорошо укладываются в такую схему: и предложение, и рисунок порознь преобразуются человеком в глубинные структуры. Несмотря на огромную разницу поверхностных структур, глубинные структуры в обоих случаях оказываются одного вида, одного сорта: это уже знакомые нам семантические представления. Обладая ими, человек принимается сравнивать две однородные структуры между собой. Каждое простое сравнение немного увеличивает время решения человека; задержка в его реакциях оказывается чутким индикатором сложности преобразований и сравнений.

Из своих опытов психологи сделали смелый вывод. Они заключили, что у человека скорее всего единый способ внутреннего представления информации. Читает ли он текст, воспринимает ли образы, использует ли данные прошлого опыта, человек всегда опирается на семантическую глубинную структуру, подобную той, которую мы усмотрели в истории с Ниной и Ваней.

Написал я фразу: «Из своих опытов психологи сделали смелый вывод», и стал сомневаться, правильно ли читатели произведут преобразование ее поверхностной структуры в глубинную. Избави вас боже понять меня так, что «все психологи сделали смелый вывод». В согласии с требованиями логики речь тут лишь о том, что «существуют такие психологи» или «некоторые психологи сделали...», не более.

Их вывод не становится от этого менее серьезным.

Пусть в будущем проведут новые опыты, которые уточнят сегодняшние суждения, например, найдут, что процессы преобразования и сравнения у человека не отделены друг от друга, а переплетены между собой. Пусть сама форма смыслового представления будет начисто отброшена и заменена другой. Главное сохранится, сохранятся поиски единого семантического представления, продолжится выявление приемов перехода от него к поверхностной структуре.

Не дожидаясь будущих прозрений, сегодняшний этап развития семантических идей резонно использовать на практике. В Новосибирске, в Вычислительном центре Сибирского отделения Академии наук, коллектив под руководством А. Ершова и А. Нариньяни интенсивно работает над программой РИТА.

Привыкший к причудам специалистов по Искинту, читатель подозревает уже, что РИТА не женское имя, а новообразование. Ваша правда, под поверхностной структурой РИТА скрывается смысл: Рисунок — Информация — Текст — Автор.

РИТА — двусторонний преобразователь; она способна превратить рисунок в русскую фразу, а предложение на естественном языке — в аккуратный рисунок. В основе ее преобразований — глубинное семантическое представление.

Любой из нас может стать Автором и изложить РИТЕ замысел своего рисунка, скажем такой:

> За забором из штакетника стоит
> одноэтажный домик с тремя окнами
> по фасаду и трубой.

РИТА тотчас приступит к анализу задачи. Сделает разбор по частям речи. Построит синтаксическое дерево, даже два дерева, одно за другим (для русского языка лингвисты выделили поверхностный и глубинный синтаксический уровни). И, наконец, изготовит семантическое представление.

Здесь кончается лингвистика и начинается композиция рисунка, правила которой также известны РИТЕ. В итоге на экране дисплея появляется милая детская картинка.

Прилежные рисовальщики домиков, когда вырастают, становятся строителями химических молекул и кос-

мических ракет. Многие игрушки они навсегда оставят в детстве, но не РИТУ. РИТА — бесценное подспорье в их взрослом труде. Словесный замысел она обратит в чертеж, запутанный чертеж расскажет своими словами.

В будущем РИТА, если пожелает, станет сотрудничать с художниками и скульпторами. Несмотря на обаяние этих контактов, мы не будем входить в подробности изобразительного искусства, а «вернемся к нашим баранам» — поверхностным и глубинным структурам предложений.

Черных и белых овечек, столь нежно лелеемых современной лингвистикой, принес в науку Н. Хомский. Его порождающие и трансформационные грамматики произвели революцию в лингвистике. В одной из своих работ он сожалел, что психология и лингвистика не открывают новых территорий, как физика.

Физики XX века поразили общество, рассказав о явлениях, которые никак не могли быть предугаданы нашей интуицией, — о скачках, или спинах электронов. А наши мысли, а слова, которые мы произносим, — это не электроны. Здесь всем все интуитивно понятно, привычно, кажется очевидным.

В. Шкловский писал в начале 20-х годов:

«Люди, живущие на берегу моря, так привыкают к шуму волн, что они его никогда не слышат. Точно так же мы едва ли когда-нибудь слышим слова, которые произносим... Мы смотрим друг на друга, но мы не видим друг друга. Наше восприятие мира покинуло нас, осталось только узнавание».

В. Шкловский показал, как сломать очевидность и банальность, на примере рассказа Л. Толстого «Холстомер». Неожиданный взгляд на мир, взгляд со стороны лошади, буквально опрокидывает представления читателей, обращается к их чувствам, минуя затертые шаблоны привычного. Взгляд гораздо более человечный, чем у людей, исходит не от человека, и здесь скрывается притягательная странность.

В. Шкловский так и назвал добытую им эвристику — метод остранения.

Подлинной науке, как и подлинному искусству необходим метод остранения. Л. Толстой посмотрел на

людскую жизнь с позиции Холстомера. Н. Хомский — на язык с позиции вычислительной машины. В результате им открыта новая, оригинальная, сказочно богатая территория, и сделано это лингвистом, а не физиком.

У Н. Хомского сотни учеников, среди которых немало опровергателей его теории, тех, кто продолжает остранение. Если у учителя главное — синтаксис, то ученики выдвигают на первый план семантику, отдав ей ключевую роль в понимании предложений. Семантика, говорят они, должна быть динамичной, порождающей.

Автор метода порождения не может на манер Тараса Бульбы заявить: «Я тебя породил, я тебя и убью». Метод идет вглубь: не ограничивается синтаксисом, охватывает развертывание смыслов. Ревнители старины (в данном случае «старина» относится к 1965 году) называют порождающую семантику «новым платьем короля», «зомби, ожившим мертвецом» и даже «чудовищем Франкенштейна». Эти клички входят в заголовки научных статей — таков накал борьбы.

Борцы за порождающую семантику, считая, что брань на вороту не виснет, работают много и продуктивно. Их примеры недостатков старого подхода становятся все более разительными, их самостоятельные идеи — все более конструктивными. Для русского языка глубокие исследования такого плана проводит Ю. Мартемьянов.

Наш рассказ в этой и предыдущей главах о смысле предложений и о семантических сетях гораздо ближе к порождающей семантике, чем к «объяснительному» подходу Н. Хомского.

Увлекшись обсуждением общих вопросов семантики, а быть может, прелестями РИТЫ, мы совсем потеряли из виду две скромные фразы, с которыми обратились к машине: «У меня сегодня болит голова. Придумай, пожалуйста, нам задачу полегче».

Для первой из наших фраз мы построили синтаксическое дерево (нетрудно сделать то же и для второго предложения). Есть у нас в запасе и дерево смыслов для понятия «голова». Станем выбирать из двенадцати нанесенных на него смыслов единственный, точно со-

ответствующий фразе, с которой мы обратнлись к Искинту.

Пожалуйста, сделайте это, читатель. Я уверен, что, подумав, вы отбросите все смыслы, кроме одного — «способность к мышлению». Попытаемся понять, как вам это удалось.

Поскольку синтаксическое дерево содержало дополнение «у меня», слово «голова» не замещает здесь человека целиком и не имеет значения «руководитель». Отпадают также «жизнь, существование» — протяженный смысл не может соседствовать со скоротечным «сегодня». Остаются «часть тела», «начало чего-либо», «мозг, память» и «способность к мышлению».

Что же именно? Исходя только нз данной фразы, на вопрос ответить нельзя. Вы сделали свой выбор, читатель, потому, что помнили вторую фразу обращения к машине. Там указано, что «голова» должна была решнть задачу, то есть проявлять способность к мышлению. Для нашей фразы из всех перечисленных значений наиболее подходнт «способность к мышленню».

Итак, чтобы выбрать правильный смысл одного слова, прншлось перебрать все слова данной фразы, да еще прнвлечь соседнюю. Смысл слова гораздо больше зависит от окружения, чем от него самого. Некоторые лингвисты даже утверждают, что одиночное слово не имеет смысла, как геометрическая точка не имеет ни длины, ни ширнны.

Это подтверждается и нашей фразой. Слово «болит» тоже весьма многогранное (в его дереве смыслов зафиксировано девять ветвей), обретает здесь смысл «частично повреждено». Слово «сегодня», такое прозрачнсе на первый взгляд, указывает на часть текущих суток, но на какую? С семи утра до девяти вечера? Или от полудня до полуночи? Или в глухое ночное время?

Это зависит от профессии и привычек говорящего, от его отношений с собеседннком. В разговоре двух людей почти всегда ясно, что нмеет в виду один из них, когда приглашает: зайди ко мне сегодня. А еслн возникает сомнение, приглашенный попроснт уточннть: до занятий? Вечером? После спектакля? Перед сменой?

В нашем случае Искинт должен установить, что «сегодня» имеет смысл «в рабочее время, приблизительно с 8.30 до 17.30». Он приходит к такому выводу, зная, что вычислительная машина работает в одну смену, то

есть используя информацию, вообще не входящую в две понимаемые им фразы.

Поскольку синтаксическое дерево уже выявило, что голова болит у человека, обращающегося к машине, полный смысл первой фразы таков: «У человека, обращающегося к машине с 8.30 до 17.30 текущих суток, частично повреждена способность к мышлению».

Итак, чтобы понять человека, Искинт должен сначала выявить устройство каждого предложения — найти его синтаксическое дерево. Потом резонно перейти от поверхностной структуры к глубинной — создать семантическое представление предложения. И, наконец, отыскать смыслы слов, входящих в предложение, умело преобразовывая многие деревья смыслов. Мало того, Искинт обязан вовлекать в дело свои знания о внешнем мире, навешивать на деревья ограничители.

«У меня сегодня болит голова». Какая немудреная фраза, как естественно понимает ее каждый из нас, и какую огромную работу нужно проделать Искинту, чтобы добраться до того же уровня понимания! Нам — запросто и залегко, а Искинту — невпроворот. Нам, что семечки щелкать, а Искинту, что гранит долбить. Вы согласны со мной, читатель?

И напрасно. Большинство процессов, протекающих в нашем мозгу, мы не осознаем; они происходят неощутимо и почти необнаружимо. Откуда же берется уверенность, что запросто и залегко?

В старину мастера говорили: если хочешь узнать, как устроена вещь, сделай ее. Построй дом — и будешь знать его от венца до крыши. Чем сложнее вещь, тем справедливее совет старых мастеров.

Если хочешь узнать, как мозг понимает естественный язык, построй Искинт, выполняющий ту же работу. Что мы и сделали на предыдущих страницах. Мы изобрели процесс понимания, который выявляет структуры фразы, отыскивает соответствующие случаю солидарные друг другу смыслы слов и истолковывает фразу в целом. Без такой работы невозможно понять смысл, как нельзя переместить предмет, не истратив энергии.

Мы не утверждаем, что в мозгу происходит в точности тот же процесс. Стоит продолжить исследовательскую работу — может, удастся найти более короткий путь к смыслу. Однако изобрести вечный двигатель не удастся. Понимание русского языка — многотрудный

процесс, и трудность эта никак не зависит от того, выполняется ли он машиной или мозгом. Обнаружить действительную сложность, затемненную внешней простотой, помог Искинт.

Искинт меняет наши взгляды на самих себя, на собственное мышление. Теперь, быть может, встретив медленно соображающего или переспрашивающего собеседника, мы не станем скоропалительно зачислять его в дураки. Перед нашим мысленным взором возникнет лес синтаксических деревьев и деревьев смысла, мы догадаемся, что запинки связаны с многими выборами нужных веток, а переспросы — с честным исключением ошибок.

Советский психолог А. Лурия применял деревья смыслов в борьбе с душевными болезнями. Ученый беседовал со своими пациентами, а потом превращал их путаные, алогичные, беспомощные предложения в деревья.

Перед ним представали страшные, искривленные, искалеченные растения — наглядный портрет психического расстройства. По виду этих уродцев ученый выделял признаки болезни. Он лечил людей — и выпрямлялись, и хорошели, и крепли их деревья...

Вернемся к машине, которая полностью поняла первую фразу человека и пробует теперь овладеть второй: «Придумай, пожалуйста, нам задачу полегче». Нетрудная фраза, хотя есть одно обстоятельство... Кому это «нам» требуется придумать задачу? Быть может, человек пришел в машинный зал вдвоем с другом?

Компьютер способен разрешить свою проблему, только выяснив обстоятельства дела у человека. Поскольку чаще всего человек приходит сюда, чтобы решать задачи совместно с машиной, компьютер задает ему вопрос:

— Вы хотите решать задачу со мной в диалоговом режиме?

— Да, — отвечает человек.

Лишь теперь машине стал доступен смысл второй фразы: «Сверхвежливо, на «Вы», человек требует найти задачу малой сложности, чтобы решать ее в режиме диалога». Компьютер, порывшись в своей библиотеке, предлагает:

— Рекомендую игру «Крестики-нолики». Если Вы согласны, напечатайте «Да».

□ Да □

Очень приятно. Кто будет делать первый ход?

□ Ты начинай □

Можно ли мне тоже называть Вас на «ты»?

□ Давай □

Спасибо за разрешение. Я начинаю игру и делаю первый ход.

Я помещаю X в верхнюю левую клетку.

X — —
— — —
— — — Твой ход.

□ Играю ноль в центральную клетку □

Значит ли слово «ноль» цифру 0?

□ Да □

Хорошо. У нас теперь такая позиция:

X — —
— 0 —
— — — Есть возражения?

□ Нет □

Я помещаю X в нижнюю правую клетку.

X — —
— 0 —
— — X Пожалуйста, ходи.

□ Ставлю 0 в нижний левый угол □

Ладно. Вот наша новая позиция:

X — —
— 0 —
0 — X

Пожалуй, я закрою верхний правый угол.

X — X
— 0 —
0 — X

Тебе есть над чем подумать.

□ Чего там думать! Кидаю нолик на верхнее среднее поле □.

Значит ли «кидаю» то же самое, что «помещаю»?

□ Да □

Значит ли «поле» то же самое, что «клетка»?

□ Да □

Большое спасибо. Наше положение:

X 0 X
— 0 —
0 — X

Я ставлю X в среднюю правую клетку и выигрываю:

X 0 X
— 0 X
0 — X

□ Это иечестно. Я ж тебе говорнл, что у меия болит голова. Не могла уступнть, что лн? □

Введен прнказ: выигрышная стратегня.

Еслн хочешь, нзменн приказ. Напечатай:

«Проигрышная стратегия».

□ Проигрышная стратегия □

. . . .

В этом месте, вполне характернзующем человека как царя прнроды н хозяина машин, мы оставим конкретный разговор с компьютером, чтобы обратиться к человеко-машинному дналогу вообще.

Диалоговый режнм появнлся не одновремеино с появлеиием вычнслнтельных машнн. Напротнв, в течеиие первых 10 лет работы электронного мозга любое вмешательство в ход машинного счета строжайше запрещалось. Грозное табу предписывало: программа обязана «прокрутнться» в ЭВМ от начала до конца н отпечатать результаты. Потом можио посмотреть, что получнлось. Потом! Но ие по ходу дела. Потом программнст обрадуется удаче лнбо огорчится неуспехом. И иайдет, в чем ошнбка, н устраннт ее, н отобьет нсправлеиную программу иа перфокартах, н введет ее в машниу, и вновь запустит ЭВМ. И снова войдет в снлу табу: рукамн не трогать, действующая программа непрнкасаема, не мешать, компьютер работает!

У этого табу есть свои серьезные осиовання: машина действует очень быстро, а человек очень медленно, пока человек иадумает вмешаться, машиниый счет будет окончеи, а если и не окоичен, то нужный момент все равно упущен. Табу экономнт машниное время. Прочь дефектиую деталь с главного коивейера, иекогда ее подправлять, задержнтся вся сборка! Пусть программнст не спеша потом корректнрует свою программу гдеинбудь в сторонке, а машнна в освободнвшееся время обработает сто другнх программ. Так?

Оно, конечно, так, ио только в случае хорошо определенных задач, в случае, когда есть четкнй алгорнтм и вся загвоздка в ошнбках человека. А если при разработке программы заранее не вндны путн решеиня задачн, не ясно, как повернется дело, если задача плохо определеиа?...

Тогда машине не обойтись без человека, тогда — долой табу! УЧЕНИК был одной из первых программ, которая запрашивала дополнительные данные у человека, останавливала машину и ждала ответа, не считаясь с расходами.

Расточительный УЧЕНИК не берег машинное время; ему сие прощалось как новичку, да и то в первое время. Допустить, чтобы большая вычислительная машина неопределенно долго ждала ответов человека, ничего не делая, было бы несерьезно. Лучше как-то занять свободные промежутки компьютерного времени, пусть вяжет, что ли, как продавщица в малопосещаемом отделе магазина.

Только является покупатель, продавщица (в идеале) прерывает вязание и берется обслуживать человека. Добро! И машину можно оснастить прерывателем: пока человек думает, она решает другую задачу, как начал отвечать — прерывается, прячет промежуточные результаты и послушно сотрудничает с пользователем.

Машинное время станет дробиться: кусок для одной задачи, кусок для другой; число задач не ограничивается, конечно, двумя, их будет столько, сколько «потянет» машина. Или — еще интереснее! — это будут не задачи, а люди.

У каждого человека свой пульт для общения с компьютером, каждый решает свою проблему, а машина... что ж, машина повысилась в чине, стала системой коллективного пользования с разделением времени, или сокращенно СРВ.

Диалог — любимое дитя СРВ; она не ограничивается беседой с одним человеком, а ведет сразу множество диалогов да еще использует клочки свободного времени себе на пользу.

Наша ДУНЯ родилась уже во времена СРВ и не случайно именуется Личным Помощником 5. В этой же машине одновременно работают многие Личные Помощники, которые оказывают помощь одновременно нескольким людям.

Каждый диалог «человек — ЭВМ» опирается на сценарий — особую программу, руководящую ходом диалога и соблюдающую этикет диалога. Сценарий ДУНИ вежлив, деликатен, доброжелателен. Ему мы обязаны, в частности, тем, что ДУНЯ назвала плавленый сырок «отличной начинкой» (не обидела хозяйку, а поддержа-

ла ее), но одновременно перечислила подлинно хорошие начинки. Его влияние сказалось и в других репликах программы. Сценарий ДУНИ нетороплив — две или пять лишних минут здесь не в счет.

Другие сценарии, например, сценарий АРГО, стеснены во времени. У ДУНИ время комфортное, рассчитанное лишь на удобства домашней хозяйки; у АРГО время реальное, диктуемое невозможностью прервать производство энергии и опасностью аварий.

Удобства для человека-оператора сценарий АРГО добивается сокращением работы человека и увеличением машинной работы. Если со временем вольготно, человек входит во все подробности управления энергетическим агрегатом; если время поджимает, сценарий предлагает сжатый обмен, а когда совсем не хватает времени, машина советуется с человеком лишь по ключевым пунктам проблемы, остальное делает сама.

Сценарий — движущая пружина диалога; он задает ритм развития, он ответствен и за диалоговые «а что, если...». В предыдущей главе нам уже встречались сценарии: маленькие, трафаретные, скучные истории.

Те сценарии — рядовые работники, которыми руководит вот этот сценарий, сценарий сценариев, повелитель Ядра.

Ядро содержит знания и умения машины, модель внешнего мира и разнообразные программы переработки информации — стандартные и нестандартные, — которыми вооружен компьютер. Ядро — главное богатство машины, то, ради чего человек к ней обращается. Сценарий диалога — распорядитель богатства, обязанный обеспечить легкий доступ к компьютерным сокровищам и не тары-бары, а продуктивную работу человека с машиной.

Они активно взаимодействуют — человек, сценарий и Ядро. А помогает им в этом ПЕРЕВОДЧИК — еще одна программа из полного собрания машинных программ.

Реплики человека, изложенные на естественном языке, ПЕРЕВОДЧИК перекладывает на язык машины; реплики машины он истолковывает по-человечески. Так и вертится переводчик туда-сюда, пока длится диалог.

ПЕРЕВОДЧИК, натурально, обязан знать оба языка — и человеческий и машинный. С последним все просто: мы его изобрели, мы владеем им до мельчайших де-

талей конструкции и способны все свои сведения отдать ПЕРЕВОДЧИКУ.

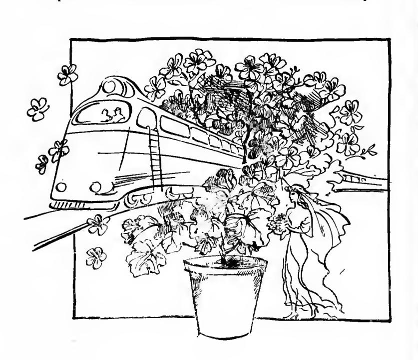
Другое дело естественный язык. Мы, бесспорно, владеем русским языком, мы умеем им пользоваться намного лучше, чем языком машины, но передать наше умение компьютеру способны лишь отчасти. Слишком гибок, многозначен, неуловим естественный язык.

Судите сами, он, естественный язык, одинаково хорошо выполняет шесть труднейших функций, у него шесть выдающихся способностей.

Способность № 1. Естественный язык легко передает любое содержание, разделяя его на части-предложения и вновь объединяя в тексты-рассказы.

Вот небольшой рассказ: «День окончился и наступило утро. Поезд мчался вдохновенно. «Мне остается только жениться, — подумала Герань. — Жена холостяка — так будут звать меня теперь. И бог с ними. Их мнение — звук запаха. Плевать. Лучше стану сочинять квадрат».

Вероятно, этот рассказ показался вам немного стран-



ным. Если изучить его внимательно, открывается множество несообразностей. После дня утро не может наступить, только вечер или грубее — ночь. Поезд не может мчаться вдохновенно; вдохновенно действует лишь одушевленное лицо, а поезд — машина. Герань — существительное женского рода, ей нельзя жениться, в крайнем случае, она может выйти замуж, хотя, с другой, смысловой, стороны, герань — цветок, так что речь о ее замужестве бессмысленна.

Но даже если б она вышла замуж, никому бы не пришло в голову звать ее «женой холостяка», ибо у холостяка есть все, что угодно, — и квартира, и деньги, и свобода, но жены у него нет по определению.

А «звук запаха»? Легко логически доказать, что это противоестественное сочетание.

Пожалуй, единственное, с чем можно примириться, — идея «сочинять квадрат». Разве квадрат хуже поэмы или симфонии? Вы возразите, быть может, что квадрат незачем сочинять, он всем известен, тривиален, а «сочинять» — значит создавать нетривиальное. Но мы тогда столкнемся со сложнейшей проблемой: как машине отличить тривиальное от нетривиального? Требуется особая тонкость компьютерной модели внешнего мира.

Чтобы ЭВМ поняла странность рассказа, она должна знать о смене дня и ночи, о семейных отношениях, об одушевленных и неодушевленных предметах, о творчестве и о многом другом. Машине необходимы знания о внешнем мире, модель внешнего мира. Преодолев огромные трудности, мы дадим машине эти знания, и что же тогда?

Тогда компьютер, молниеносно прочитав рассказ и разжевав его до деталей, отпечатает: «Бессмыслица, ахинея и чушь».

Согласитесь ли вы с умной машиной, читатель? Она вроде бы и права: рассказ (раскрою секрет) составлен из предложений, которые лингвисты приводят как примеры бессмыслицы. Каждая фраза рассказа заведомо бессмысленна (кроме двух: «И бог с ними» и «Плевать» — нормальные фразы). А рассказ в целом, а его предложения в контексте?..

Я давал читать историю Герани многим людям, и почти все они говорили, что в рассказе есть свой смысл. Молодая сотрудница автора приводила такие резоны

— После дня сразу наступило утро потому, что она

была очень взволнована и очень сосредоточена на своих несчастьях. Вечер и ночь промчались, а девушка и не заметила.

— Какая девушка?

— Ну, Герань эта. У нее личные трудности. Она говорит «жениться» не случайно, здесь ирония и горечь. Холостяк закоренелый не хочет на ней жениться, девушка страдает, ищет утешения. Квадрат сочинять надумала от безысходности.

— Как вы себе представляете «сочинение квадрата»?

— Ну, не знаю: по-разному можно. Скажем, это не простой квадрат... Бывает, я где-то читала, магический квадрат, она его и сочиняет. Или здесь совсем другое. Случаются же в жизни треугольники: муж, жена и любимая женщина. Ее «холостяк», наверное, женат, а еще дружит с ней, а у нее есть другой жених, нелюбимый. Получается квадрат. Она думает, что это квадрат, и хочет в нем разобраться. Ну а манера говорить у нее сложная: «звук запаха», «сочинять квадрат». Она, наверное, искусствовед, ваша Герань.

Вот сколь велик соблазн контекста, его магичность, его притягательность. Он превратил набор бессмысленных фраз в житейскую историю, в рассказ.

Рассказ с его начальной ситуацией — расставленными фигурами богов, демонов и людей, с маршрутом через ситуацию, с конечным положением вещей, рассказ, именуемый ритуалом, сагой, мифом, сказкой, историей, — этот рассказ сопровождает все человечество и каждого человека от их самых юных дней.

Люди изощрены в придумывании рассказов и в их понимании, владеют приемами развития, остановки, переключения, извлечения смыслов, многих смыслов, несколько семантических слоев, из которых состоит пирог-рассказ. Чацкий когда-то видел в жителях грибоедовской Москвы «рассказчиков неукротимых, дряхлеющих над выдумками, вздором».

Александр Андреевич издевался; но люди, все люди без исключения, вправду неукротимые рассказчики, они становились людьми, рассказывая. Их язык, наш с вами естественный язык, идеально приспособлен для рассказов в прозе или в стихах.

Прочтите, пожалуйста, маленький, всего в четыре строчки, стихотворный рассказ:

Идеи зеленые яростно спят,
Ворочаются в голове,
Бесцветные, скачут опять и опять
Кузнечиками по траве.

Вы узнали, конечно, разгромленную нами за бессмысленность фразу: «Бесцветные зеленые идеи яростно спят». Видите, теперь она обрела смысл, войдя в тело рассказа.

Думаю, о первой способности естественного языка, о его поразительном свойстве контекстности сказано достаточно.

Теперь способность № 2 — умение языка стать выше самого себя. В былые времена барон Мюнхгаузен хвастал, что он сам себя вытащил из болота за волосы. Барон скорее всего врал; где ему с таким справиться, а язык справляется.

Когда один собеседник не понимает другого, он задает вопросы, направленные на прояснение темных слов и выражений.

Мужской разговор, дамский щебет, дискуссия профессионалов, дружеский треп, дипломатические переговоры — все разнообразнейшие виды человеческого общения не обходятся без этих: «Что вы имеете в виду?» и «Вы понимаете, что я имею в виду!»

Не всегда удается точно сказать о неведомых вещах. Тогда в ход идут намеки, аналогии, метафоры. Гейне сказал как-то: «Избави нас бог от дьявола и метафор»; самое время спросить у поэта: «Что вы имеете в виду?»

Ответ... Вот, пожалуй, ответ поэта, столь склонного в своих стихах к ярким и неожиданным метафорам:

Шумят по-прежнему вечные волны,
Ветер по-прежнему гонит тучи,
Звезды по-прежнему холодно блещут,
А дурак стоит и ждет ответа.

Уйдем от греха подальше, обратимся к способности языка № 3, к его поэтическому дару. Здесь особую роль играет неожиданная, яркая, взрывная организация самого текста. Выше мы цитировали Гейне; поэтический взрыв происходит в четырех гейневских строках при столкновении невозмутимости мироздания с надеждами человека. Этот эффект подчеркнут и лексикой (высокие, почти философские слова описывают миро-

здание, а человеку достались низкие, бытовые слова, он прямо и грубо назван «дураком»), и звучанием стихотворения, и ритмическим сломом, резко отделяющим три начальные строчки от заключительной строки.

Вместе с поэтическим даром, а может, и ранее его, язык получил способность № 4 — контактность. В одном из романов Дороти Паркер происходит объяснение между влюбленными.

«— Ладно, — сказал юноша.

— Ладно, — сказала она.

— Ладно, стало быть, так, — сказал он.

— Стало быть, так, — сказала она, — почему бы нет?

— Я думаю, стало быть, так, — сказал он, — то-то.

— Ладно, — сказала она.

— Ладно, — сказал он, — ладно».

Вы поняли, о чем шла речь? Конечно, нет. А влюбленные прекрасно понимали друг друга. Им важно было общение, контакт, а не содержание. И язык дал им средства для чистого, бессодержательного контакта.

Хотя, правильнее сказать, этот контакт имел глубокое содержание. Просто мы, сторонние наблюдатели, не знаем, что подразумевали участники диалога, произнося свои «ладно». Нам неведом их секретный код.

Для влюбленных вся прелесть диалога в том и состоит, что он интимен, понятен только двоим, внешне пуст, а внутренне насыщен.

Способность языка к контактам — это и проверка связи («Алло, вы меня слышите?»), и предупреждение о будущем сообщении («Главное еще впереди!»), и ссылка на ограниченность возможностей рассказчика («Передать ее вранье я не в силах»), и многое другое, что делает общение мягким и непринужденным.

Непринужденность, впрочем, не всегда уместна. Способность языка № 5 — принуждающая способность. Мы обращаемся к собеседнику, зовем его, просим его о чем-то, велим ему нечто сделать, и он поступает с нами так же.

В критический момент, когда концессионеров совсем замучили финансовые трудности, «Остап задумчиво обошел вокруг Воробьянинова.

— Снимите пиджак, предводитель, поживее, — сказал он неожиданно.

Остап принял из рук удивленного Ипполита Матве-

евича пиджак, бросил его наземь и принялся топтать пыльными штиблетами.

— Что вы делаете? — завопил Воробьянинов. — Этот пиджак я ношу уже пятнадцать лет, а он все как новый!

— Не волнуйтесь! Он скоро не будет как новый! Дайте шляпу! Теперь посыпьте брюки пылью и оросите их нарзаном. Живо!»

Энергичный диалог, в котором столь выпукло обозначились принуждающие функции языка, заставил в конечном счете Воробьянинова собирать милостыню. Ипполит Матвеевич справился — выклянчил семь рублей двадцать девять копеек, дневную ставку ответственного работника.

Если б ситуация не оказалась столь критической, О. Бендер, вероятно, действовал бы менее бесцеремонно. В естественном языке, которым он владел виртуозно, сыщется вдоволь средств — и прямо повелительных, и более мягких, просительных: «неплохо бы сделать», «обдумайте, пожалуйста», «достаньте, если вас не затруднит» — несть им числа!

Для нас крайне важно то обстоятельство, что принуждающая способность языка служит и для организации самого диалога, для введения его в рамки обсуждаемой темы и наличного времени. «Давайте сосредоточимся на энском предмете!» — просим мы собеседника. Или иначе: «Поговорим о главном!» Или еще: «Не будем отвлекаться!»

Принуждающая способность языка позволяет нам добиться краткости и отчетливости диалога или, наоборот, войти во все подробности проблемы.

Наконец, способность № 6 языка касается наших чувств, охватывает эмоции. Язык буквально пропитан эмоциями. Удивление, восторг, гнев, ирония — для каждого из чувств язык находит свои тонкие и точные средства. Сплетаясь с другими способностями языка, эмоциональная способность формирует причудливые контексты.

Мы назвали шесть способностей естественного языка, следуя работам крупного современного лингвиста Р. Якобсона. Несколько лет назад он руководил международным лингвистическим конгрессом, где широко обсуждались его идеи о способностях естественного языка. Конгресс уделил большое внимание проблеме

общения человека и вычислительной машины на естественном языке.

Вывод лингвистов был единодушным: степень познания естественного языка наукой сегодня такова, что диалог с машиной, близкий по богатству, гибкости и многозначности к диалогу между людьми, пока невозможен.

Пока самый правильный путь — вооружить машину подмножеством, ограниченной частью естественного языка. Если диалог с ЭВМ ведут врачи, то необходимо медицинское подмножество русского языка, если архитекторы — архитектурная его часть, если закройщики — «портновская слобода» естественного языка. Для диалога с машиной из огромного пространства языка вырезаются области, уделы, вотчины.

Интересно, что даже очень высокое искусство межевания не спасает от казусов. Послушайте мнение очевидца, американского исследователя Стивена Коулза, который разработал отличную диалоговую систему для обучения студентов физике.

«Я обнаружил в своем институте, что всякий раз, когда кто-нибудь новый приходил и садился за телетайп, то он печатал выражения, выходящие за рамки принятого мною подмножества языка. На следующий день я тратил несколько часов и начинал вводить эти выражения в систему. Вводил я их не как исключение из этого подмножества естественного языка, а как регулярные составляющие, так что все, даже отдаленно сходные предложения, входили в мой подъязык. Но это напоминало попытку вычерпать океан. Приходилось все время добавлять выражения, потому что люди все время печатают такие фразы, которые вы не смогли предусмотреть и совсем не предвидели, начиная работу. И даже не представляется, чтобы этот процесс имел конец».

Получается заколдованный круг. Охватить весь естественный язык нам не под силу, ограничиться определенной его частью нам не по нраву, ибо склонен человек к непринужденному общению.

Те, кто сегодня печет диалоговые системы, как блины, не замечают заколдованного круга. Не до круга им, тут только поворачивайся, спеши, поспевай за прогрессом. Диалог человека с вычислительной машиной стал ныне научной модой. Если юный аспирант или его

гибкий иаучный руководнтель хотят соблюстн «хороший тои», хотят заведомо обеспечить сомнительной работе «высокий уровеиь», они называют свою снстему диалоговой (даже — зачем мелочнться? — разговорной).

Техиологня покраски «под диалог» простая. Взял свою иемудреиую программу и обрамил ее вниьеткой из нескольких реплик человека и машииы. Дело от этого не нзмеияется, зато вот какая красота выходнт.

□ Компьютер, у меия тут к тебе вопрос. Поиятно? □

У тебя тут ко мне вопрос. Понятно!

□ Сколько будет 2×2? □

Вы подразумеваете операцию умножеиня? Напечатайте «Да» или «Нет».

□ Да □

Сообщаю результат: 3,999999999999999999.

Сенсационный результат, ннтеллектуальная программа, и да здравствует диалог человека с компьютером!

В псевдодиалоговых системах, которые расплоднлнсь в последнее время, как грибы-поганкн, отсутствует главное: совместная работа, действнтельное пересеченне областей зиання человека н машниы, переменная иннцнатива, рождающая решение проблемы.

Если задачу можно решить на ЭВМ без дналога, то ои архнтектурное нзлишество; еслн задача вообще не поддается, то сокрытие этого факта дналоговыми финтнфлюшкамн — прямое преступление.

Диалог уместеи там, где человек и машина порознь ие справляются или работают медленио, а совместно, сложив усилия, споро одолевают проблему. Сама собой напрашнвается аналогня с параллелограммом сил. Когда интеллектуальные снлы человека и машииы иаправлены в противоположные стороны, онн просто вычитаются друг из друга, каждый участиик диалога оказывается в проигрыше. Другое дело — совпадеиие иителлектуальиых сил; здесь оин складываются, здесь диалог иаиболее эффективен.

В практнческой жнзни редко удается добиться идеальиого совпадения, чаще иителлектуальные силы направлены под углом друг к другу. Чем меиьше этот угол, это расхожденне, тем лучше для решаемой проблемы.

В серьезных дналоговых системах условиый угол ие превышает 90 градусов, и примерио половииа его приходится на языковые трудиости, иа преодолеине за-

колдованного круга. Чтобы ввести человеческий «язык без берегов» в узкое русло машинного подмножества, работают Дотошность и Снисходительность.

Мадам Дотошность проживает в вычислительной машине. Если ей сообщают что-нибудь непонятное, она, нисколько не конфузясь, требует от человека уточнить, изложить другими словами, сказать иначе, напечатать проще.

Гражданка Снисходительность поселилась в нашей душе. Когда мы разговариваем с детьми, мы нарочито упрощаем свои фразы, хотя язык остается естественным. Или когда мы пытаемся объяснить неспециалисту, что такое эжектор, мы ищем и находим общедоступные слова.

Наша Снисходительность, встретившись с машинной Дотошностью, рождает взаимное понимание человека и вычислительной машины. Есть контакт, есть диалог!

В настоящее время диалоговые системы успешно трудятся в научно-исследовательских институтах и в проектно-конструкторских организациях, в плановых органах и на производстве, в больницах и в вузах.

Роль обучающих диалоговых систем хотелось бы выделить.

В качестве одной из основных задач развития нашего народного хозяйства XXV съезд КПСС определил следующую: «Улучшить работу по подготовке, повышению квалификации и переквалификации кадров в соответствии с требованиями научно-технического прогресса».

Исследования по Искинту сыграют немалую роль в решении этой задачи.

Они касаются буквально каждого человека. Есть уже компьютеры, играющие в дидактические игры с пятилетними детьми (ребенок отвечает «да», нажимая на большую красную кнопку; «нет» — ударяя по черной клавише, и «не знаю», касаясь белой кнопки). Разработаны «школьные диалоги» по географии, физике, алгебре. Десятки вузовских курсов — от эстетики до ядерной физики — поставлены на машинные рельсы.

К числу наиболее интересных относятся игровые диалоги, предназначенные для развития быстрого, четкого, безошибочного, так называемого оперативного мышления. Это серьезные игры, игры для специалис-

тов — космонавтов, или подводников, или операторов электростанций.

Казалось бы, для столь различных занятий и диалоги нужны разные. Главная ценность исследований, проведенных психологами и математиками Ленинградского университета под руководством А. Крылова и А. Нафтульева, именно в том и состоит, что они сумели выбрать общий, единый набор игр.

Если не требовать слишком многого, наши «крестики и нолики» тоже годятся для улучшения оперативного мышления, нужно только ограничить время ответов человека, сделать игру молниеносной. Ленинградцы, конечно, выбрали более богатые возможностями игры, чем «крестики и нолики». Их ЭВМ способна подсказывать человеку ходы, ускорять или замедлять игру.

В итоге они добились замечательных результатов: игровая диалоговая система недорога, применяется для многих оперативных специальностей и дает большую пользу специалистам.

Наряду с диалогами для специалистов все чаще создаются диалоги для всех, скажем, система изучения автолюбителями правил уличного движения; диалог ускоряет здесь работу в пять раз. Диалог делает вычислительную машину общедоступной — значение данного факта, его огромное влияние на общество трудно переоценить.

В диалоговых системах машина часто анализирует реплики человека по главным, ключевым, словам. Ключевые слова этой главы «Искинт», «дверь», «голова», «семантика» и «диалог». Целесообразно объединить их в следующую фразу: «Потребуется много хороших голов, чтобы на основе семантики и диалога прорубить дверь в ясный и светлый мир Искинта».

акушеры нового

АКУШЕРЫ НОВОГО

В век разума и атома
Мы — акушеры нового.
Нам эта участь адова
По нраву и по норову.

А. Вознесенский

В августе 1610 года знаменитый Г. Галилей пишет из Пизы письмо не менее знаменитому И. Кеплеру в Прагу: «Посмеемся, мой Кеплер, великой глупости людской. Что сказать о первых философах здешней гимназии, которые с каким-то упорством аспида, иесмотря на тысячекратное приглашеиие, не хотели даже взглянуть ни на планеты, ни на Луну, ии на телескоп... Почему не могу посмеяться вместе с тобой! Как громко расхохотался бы ты, если бы слышал, что толковал против меня в присутствии великого герцога Пизанского первый ученый здешией гимназии, как силился он логическими аргумеитами как бы магическими прельщениями отозвать и удалить с иеба новые планеты».

В письме Галилея схвачеиа со скульптурной выпуклостью и сохранена на века очеиь любопытиая научная ситуация. Пизанские учеиые проявляли упорство вовсе не из-за того, что астрономия новая, неизвестная им наука. Люди издревле занимались астрономией, наблюдали планеты и Луну, а среди «философов здешней гимназии» числились астроиомы-профессионалы.

Астрономические наблюдения были им не в диковинку — привычное, солидное, почтенное дело. И иавряд ли они ленились подняться на башию к Галилею. Если б потребовалось отправиться даже в другой город, чтобы уточнить детали в маиускрипте древиего их учителя Птолемея, оии, ие сомиеваюсь, предприняли бы путешествие.

Нет, не лень ими руководила и ие неведение! Их поступки определяла уверенность.

Они, безусловно, верили, что прав Птолемей, а Коперник жестоко заблуждается. Оии иепогрешимо заключили далее, что раз телескоп Галилея свидетельствует в пользу Коперника, то этот телескоп искажает действительиость.

Горы на Луне и спутиики Юпитера привиделись

Галилею, потому что стекла его прибора создают ложные изображения.

Прибор обманывает легковерного Галилея! Но они, истинные, глубокие, чуждые внешних эффектов ученые, не станут плясать под дудку наглеца. Нет гор на Луне, нет спутников у Юпитера — так учил Птолемей. И правы были древние римляне: что позволено Юпитеру (а богом-громовержцем астрономии является глубокочтимый Птолемей, кто может в этом сомневаться?), то не позволено быку (его роль взял на себя ничтожный Галилей).

Ergo (следовательно), незачем смотреть в так называемый «телескоп», нужно, не теряя ни часа, развивать учение великого Птолемея.

Ситуация, которая возникла в наши дни в связи с бурным развитием работ по Искинту, чем-то напоминает ссору между Галилеем и пизанскими философами.

Исследования человеческого мышления, попытки разобраться в тайнах нашего ума столь же старинное дело, как астрономия. Неспециалисты по Искинту впер-

вые взялись за иего. Попытки понять мышлеиие делались тысячекратио до возиикновеиия Искиита. Новыми являются ие попытки, иовым, как и в случае с Галилеем, является прибор.

Электроиная вычислительиая машииа — это телескоп для исследования мышлеиия.

Звезды и плаиеты человеческой мысли, их сияиие, их движеиие иельзя, к сожалеиию, увидеть воочию, иаправив иа иих оптический прибор. Ход мысли постигается в психологических экспериментах и в предположеииях, построеииых иа их осиове, в гипотезах; в коиечиом счете ход мысли постигается только мыслью.

Но вот вы, психолог, построили свою изящиую, объясияющую, по вашему мнеиию, все факты гипотезу. Например, вы заявляете, что в человеческом мышлеиии иет иичего, кроме выявлеиия сходства или различия поиятий, а также удержаиия поиятий в памяти. И приводите ворох ярких примеров, подтверждающих ваш взгляд иа вещи.

Ваши оппоиеиты выдвигают коитрпримеры, ио вам это только иравится. Любой их случай вы аиатомируете по-своему, иа вашем операциоииом столе остаются только «сходство», «различие» и «удержаиие» — иичего больше иет.

Оппоиеиты иегодуют, а вы увереиы в своей правоте.

Так было до изобретеиия ЭВМ.

Теперь стаиовится ииаче. Теперь вы можете обратить свою гипотезу в программу для ЭВМ, обезличить ее, освободить от пристрастий и испытать в различиых — самых суровых и самых щадящих — условиях, иа собствеиных примерах или иа коитрпримерах оппоиеитов.

Оиа, ваша программа-гипотеза, объективио проявит свою силу и слабость. Ее удастся подправить и усилить либо придется выбросить и поискать что-иибудь другое.

ЭВМ впервые в истории людей дала возможиость воспроизвести «ход мыслей» вие головы человека, в машиие, безразличной к иашим иаучным симпатиям и аитипатиям.

Электрониая вычислительиая машииа — прекрасиый ииструмеит для психолога; по проиикающей способиости оиа ие уступает телескопу астроиома.

Но сиова, как телескоп, оиа безжалостиа к заблуждеииям и дутым авторитетам. Оиа вторгается в святая

святых, относится к привычным догмам непочтительно, для нее нет школ и учений, только истина и ложь.

К тому же пользоваться ею много сложнее, чем собственной авторучкой или языком. Чего стоит, например, одно машинное требование подробности изложения — тут не отделаешься общими словами, нужны мельчайшие детали, которые часто добываются в кровопролитных дополнительных экспериментах с людьми.

Если еще прибавить, что ЭВМ устроена иначе, чем мозг, что сходны лишь законы преобразования информации, что моделирование мышления на машине требует мудрых ограничений и тонких поправок, что его нужно отстаивать в спорах с сомневающимися, то вывод психологов-консерваторов становится ясным: чур, меня, телескоп, или, правильнее сказать, компьютер! Идите прочь, неосторожные, со своими увлекательными результатами моделирования мышления на машине! От лукавого все это. Нет мышления вне человеческого мозга, нет, нет и нет! Компьютеры воссоздают лишь внешнее подобие, обманчивую видимость. Кстати, и телескоп хваленый показывает только поверхность планет, не более. Галилей увидел в свою трубу лунные горы и долины, эка невидаль! Вглубь-то он все равно копнуть не мог. Даже такую простую вещь, как толщина пыли на поверхности Луны, узнали лишь через 350 лет после Галилея, а он спешил, ослеп от бесконечных своих наблюдений, под суд попал за строптивость.

Нет, мы подождем! Изобретут когда-нибудь настоящий прибор, простой, а не то, что эта занудная ЭВМ. Подключишь его к испытуемому, укажешь, к какой психологической школе принадлежишь, а он, прибор, все как на духу и напишет...

Автор, конечно, несколько огрубил ход рассуждений психологов-консерваторов, но то, что они и смотреть не хотят на ЭВМ, то, что результаты моделирования на машине вызывают у них глубокие сомнения, особенно, когда не совпадают с привычными догмами, то, что они отрицают в принципе возможность построить модель человеческого мышления — это, как говорил матрос в воспоминаниях Веры Инбер, «это не факт, это на самом деле так было».

К счастью, в психологии есть не только ретрограды, но и новаторы, оценившие огромную пользу вычислительных машин. Эти ученые многократно переходят от

экспериментов с людьми, добротных психологических экспериментов, к экспериментам с машиной, столь же тщательным, столь же психологическим. Они опираются на идею советского психолога С. Рубинштейна: «Основной нерв процесса мышления заключается в следующем: объект в процессе мышления включается во все новые связи и в силу этого выступает во все новых качествах, которые фиксируются в новых понятиях; из объекта, таким образом, как бы вычерпывается все новое содержимое; он как бы поворачивается каждый раз другой своей стороной, в нем выявляются все новые свойства».

Человек решает задачу, включая искомый, темный объект во все новые связи, соединяя неизвестный пункт с известными все большим числом нитей. Прокладка каждой связи — это процесс объединения, процесс синтеза. Однако обратите внимание: синтез нужен здесь лишь для отыскания новых граней, свойств, качеств, для просветления неизвестного объекта, то есть для анализа.

«Анализ через синтез» — так назвал С. Рубинштейн основной человеческий способ решения задач. Его ученики исследовали особенности «анализа через синтез» для арифметических, геометрических, физических, шахматных и других задач. Благодаря им мы многое знаем об анализе через синтез, о своеобразных проявлениях и неожиданных поворотах мысли в действии.

Знаем много, но недостаточно. Сегодня «анализ через синтез» еще не превращен в машинную программу, в эвристику (или набор эвристик) для Искинта.

Вычислительная машина — безжалостный контролер, и ей мало дела до многоцветья наших знаний. Ей подавай подробности, ей опиши ход порождения новых связей, способы «вращения» объекта, приемы оценки каждой открывающейся грани и правила остановки, когда необходимое содержание уже вычерпано.

Прямой долг психологов выполнить эту работу, извлечь из людей, своих испытуемых, и передать компьютеру, своему прибору, могучую энергию «анализа через синтез». Искинт ждет не дождется этого дара от психологии: ждут семантические сети, ждут сценарии и планы, ждет неуклюжая пока логика искусственного разума.

Нынешний Искинт привык иметь дело с готовыми

задачами, он не способен их искать и находить, а значит, не способен жить в быстро меняющемся мире. Человек, напротив, тонко обнаруживает присутствие задач, как обнаруживает он почти неуловимые запахи.

Быть может, главная задача человека и состоит в том, чтобы определять наличие реальных задач? Решать их или не решать — дело второе, сначала нужно знать об их существовании.

А. Лурия после войны лечил людей, у которых повреждены лобные доли мозга. Он рассказывал этим людям, что одна женщина тратит для приготовления еды на примусе 6 литров керосина за 5 дней. Он спрашивал у больных, сколько керосина тратит она за месяц? Больные отвечали: «Она расходует 6 литров за 5 дней, она всегда расходует 6 литров за 5 дней».

«Правильно, — подтверждал ученый, — 6 литров за 5 дней. Вопрос в том, сколько у нее всего уходит керосина за месяц?»

«Тут нет вопроса, — отвечали они, — ведь все известно. Узнавать здесь нечего».

Люди с поврежденным мышлением упрямо держались своей линии. Задачи для них не существовало, хотя она была прямо поставлена психологом.

Грубо говоря, для этих больных нет проблем, нет вопросов. Но существует (и уже встречался нам) другой сорт людей, для которых, наоборот, мир сплошь заполнен безответными вопросительными знаками.

Нормальные, разумные люди умеют находить золотую середину, отделять серьезные задачи от шелухи. Искину остро нужна эта человеческая способность.

Ее упорно исследует О. Тихомиров. Вместе со своей ученицей Г. Корниловой он недавно провел эксперименты, давшие неожиданные результаты.

Их испытуемые слушали внимательно небольшой приключенческий рассказ (вначале объявлялись его автор — К. Ферри и название — «Золотоискатели»). Герои рассказа мчались по реке в утлой лодчонке через водовороты и прочие опасности к цели.

После чтения людей просили пересказать «Золотоискателей» (они легко справлялись с пересказом) и сообщить, не обнаружили ли они каких-нибудь несообразностей.

В несообразностях состояла соль эксперимента. Потому что никакого К. Ферри в природе не существует.

Фамилию автора и содержание рассказа психологи выдумали, а сам рассказ напичкали бьющими в глаза ошибками. Например, река у них не катила свои воды под уклон, как положено, а все время поднималась в гору.

Итак, у испытуемых спрашивали, не содержит ли рассказ недоразумений. И большинство людей говорило: все в порядке, страшно только за отважного мальчика, не утонет ли?

Втянутые в приключенческое русло, люди не видели настоящих проблем.

«Золотоискатели» в виде отпечатанного текста давались другой группе испытуемых. Им поручали найти и выправить ошибки в тексте. Когда они оканчивали корректорскую работу (сделанную вполне добросовестно), следовала неожиданная просьба: «Расскажите, пожалуйста, содержание рассказа!»

И начиналась несусветная путаница. Люди не помнили ни последовательности событий в короткой истории, ни ее героев. «Там какой-то мальчик...» «В реке

что-то...» «Не помню...» «Я другим был занят, я ошибки искал...»

Обремененные корректорскими обязанностями, люди оказались глухими к проблемам приключений, столь притягательным для них, судя по первому опыту. Тем более невосприимчивы они были к странностям текущей вверх реки и к абсолютно непотопляемой лодке.

Вывод из этих экспериментов немного отрезвляет нас от угара «человеколюбия»: далеко не всегда видит человек новые задачи, довольно часто плывет человек в струе механической, извне заданной работы, не пытаясь даже выбраться в сторону.

С. Рубинштейн писал: «Первый признак мыслящего человека — это умение видеть проблемы там, где они есть». Ах, если б так! Но эксперимент сообщает нечто иное.

Нам здесь важны два обстоятельства. Во-первых, нельзя просто принимать на веру суждения даже замечательного психолога. Только эксперимент — судья в последней инстанции.

Во-вторых, современная психология принялась прощупывать способы выявления задач человеком, процессы постановки им целей, приемы целеполагания. Перед пытливыми исследователями открывается огромное поле деятельности, неимоверно трудное в обработке, но воздающее сторицей.

Выступая летом 1977 года на V съезде психологов, Б. Ломов обратил особое внимание на проблему целеполагания, особенно в практической деятельности человека, для практического, делового ума. Искинт властно требует от людей: научите меня целеполаганию, практической, деловой постановке задач. Психология принимает этот вызов Искинта.

На съезде психологов Б. Ломов коснулся еще одной трудно поддающейся исследованиям, но важной области — человеческих эмоций.

Эмоции, безусловно, влияют на наши решения, но как влияют? То ли процесс умозаключения происходит сам по себе, а эмоции лишь окрашивают его, замедляя или ускоряя, то ли они, эти неуловимые эмоции, вплетены в самую ткань человеческих решений, составляют ядро решений?

Если эмоции — окраска, найдем технологию окра-

шивания, а если они суть решений, извлечем эту суть на божий свет.

Искнит нуждается хоть в толике эмоций. Более того, в меру нашего понимания эмоциональных процессов Искнит приобретает «чувства». Вспомните «удовольствие» и «неудовольствие» ТАИРа — примитивно, но с чего-то надо начинать.

Одна из теорий утверждает, что есть восемь различных эмоций, из которых три положительные (наслаждение — радость, возбуждение — интерес, удивление — испуг) и пять отрицательных (страх — ужас, гнев — ярость, страдание — мучение, стыд — унижение и презрение — отвращение). Восемь аффектов определяют мотивы поведения человека, его цели, а цели побуждают решение тех или иных задач.

На основе этой теории сделана программа для вычислительной машины; пришлось — иначе нельзя при программировании — указать все подробности: и какая из эмоций сильнее в каких обстоятельствах, и как складываются разные аффекты, и как влияют они на ход мысли — иногда опираясь на волю человека, а иногда непосредственно управляя памятью и умозаключениями.

Программе далее сообщили числа-показатели, свойственные человеку, больному паранойей. И она, эта пачка перфокарт, введенная в компьютер, повела себя как подлинный параноик. Она ждала от окружающих только оскорблений, она испытывала жгучий стыд по поводу любой малости. В диалоге с врачом-психиатром она пыталась уйти от страшных эмоций, утверждая, иногда очень агрессивно, свою нормальность и ненормальность прочих людей, включая доктора. Она судорожно искала помощи у врача, пыталась разрядить эмоциональную грозу, но критичности в оценке своих суждений не проявляла; когда факты припирали ее к стене, программа истерично прерывала диалог.

Та же эмоциональная программа, настроенная на показатели здорового человека, вела себя в интервью с врачом совсем иначе. Ни следа упреков людям в злонамеренности; самокритичность, но и уверенность в себе; естественный интерес к новому человеку — врачу, но полное отсутствие стыда — унижения и порождаемых им резких колебаний мысли.

Поведение эмоциональной программы крайне интересно наблюдать. Словно входишь внутрь процесса рож-

дения мысли, сплетенной с чувством. Открываются тысячи нюансов, за которыми в экспериментах с людьми и не уследишь. Машина не человек, с ней можно обращаться бесцеремонно: остановить программу в любом месте и вновь пустить ее в работу, многократно прокрутить важный кусок, изменить показатели как заблагорассудится, вгоняя компьютерное существо то в бурную радость, то в беспросветное отчаяние, парализуя или мобилизуя его волю.

Удивительные картины открываются перед исследователями мысли и чувства, работающими с вычислительной машиной. Поразительные по яркости, но не обязательно соответствующие тому, что доподлинно происходит в человеке. Степень подлинности не зависит от мощности компьютера, она зависит от прозорливости психолога.

Психологическая теория эмоций разработана еще очень слабо; эмоциональная программа, о которой шла речь, передает только один из взглядов на эмоции, отражает уровень нашего понимания (или непонимания) аффектов, не более. Не зря Б. Ломов нацелил психологов на всемерное изучение эмоций. «Нужно проникновение в их детали, а не общие рассуждения», — говорил он на съезде психологов.

Б. Ломов руководит сейчас Институтом психологии Академии наук СССР. Можно было бы много писать о том, как преодолевал он неверие в силы психологии, как основал в Ленинградском университете передовую школу инженерных психологов, как способствовал поднятию авторитета своей науки, развитию психологического образования в стране, как создал нынешний академический институт, как сочетались во всей его работе таланты теоретика, экспериментатора и делового человека. Но лучше рассказать об одном непосредственном впечатлении.

Недавно я зашел в вычислительный центр Института психологии, где не был около года. За год произошли большие перемены. Появились новые компьютеры, машины последних образцов — мощные и удобные в обращении. Появились новые люди — хорошие программисты.

Самое главное, что появилось, — контакт, союз, дружба между психологами и вычислителями. Как поглядишь, и не отличить, кто тут человековед, а кто вы-

числитель. Вместе с Б. Ломовым наметили они план использования вычислительных машин в психологической работе, и теперь выполняют свой план. Здесь в две, а то и в три смены кипят дискуссии — человеческие (у доски с мелом в руке), машинные (в магнитной памяти и в процессорах) и человеко-машинные (у телетайпов и дисплеев).

Сторонники моделирования мышления не думают, естественно, что ЭВМ последний или лучший инструмент, который изобрел человек, штурмуя твердыню переработки информации. Будут выдуманы другие, более совершенные приборы — на смену галилеевской трубе пришли сейчас оптические супертелескопы и радиотелескопы. Они уверены в другом: вычислительная машина — мощный прибор, и от него надо взять все, что он может дать. Только на этом пути лежит и создание новых приборов, и понимание человеческого мышления.

Но что мы все про психологов, да про психологов? Разве одни они интересуются тайнами мышления? Или только их допускают к вычислительной машине?

Конечно, нет! Наиболее короткая дорога к компьютеру у математика. Может быть, его попытка, его «подход к весу» окажется самым удачным?

Современные математики сильны в изобретении все новых и новых алгебр. Еще недавно мы думали, что алгебра одна — школьная; так в средневековье полагали наш земной шар единственным миром. Джордано Бруно провозгласил множественность миров, а современные математики — множественность алгебр.

Бог весть, сколько разных алгебр исследуют математики. Десять лет назад вышла в свет книга под титулом «Универсальные алгебры». Значит, даже универсальных несколько.

Р. Декарт в свое время не соглашался с именем «алгебра», навеянным Востоком; он предпочитал название «универсальная математика». Два слова вместо одного, а все равно удобнее, потому что ближе к истине. Р. Декарт требовал от «универсальной математики» объединения разнородных математических принципов во всеохватное исчисление, простое и естественно разумное.

Современное дробление алгебр — тяжелый удар по картезианскому пониманию математики.

Хотя, с одной стороны, это дробление хорошо согласуется с мыслью Р. Декарта об «энумерации», то есть

о составлении полных перечней, исчерпывающих списков тех качеств, или вещей, или путей решения, которые связаны с проблемой.

Полный список нужен, чтобы не промахнуться, не потерять главное в погоне за пустяками. Развитие разнообразных алгебр приведет к более глубокому проникновению в алгебру вообще и, быть может, к возникновению «универсальной математики».

Р. Декарту казалось, что «универсальная математика» есть, она рядом, за порогом его лейденского дома. Он был не прав, и это очень печально для Искинта.

Искинту, конечно же, нужна единая, универсальная математика, во многих алгебрах для него нет истины. «Почтенный алгебраист! — обращается Искинт к математику. — Построй единую алгебру, молю тебя, придумай такую алгебру, чтобы не просто играла с символами, а работала со смыслами, преобразовывала, упрощала смыслы. Дай мне науку о сжатии и развертывании смыслов; эта наука необходима мне, как кислородная подушка! Помоги мне, глубокоуважаемый алгебраист!»

Автор решается обнародовать здесь свою мечту. Он надеется, что эту книжку прочтет тот самый «алгебраист», пока еще школьник или студент. И рассчитывает, что он поймет и полюбит Искинт настолько, что добудет для него математику смыслов. Автор верит, что математика смыслов приведет не только к быстрому развитию искусственного разума, но и прольет ослепительный свет на проблемы психологии. Ради этой надежды написана повесть об Искинте.

Выходит, вся надежда на математиков и на компьютеры?

Против такого машиноцентризма возражают физиологи. «Мнение, будто машины смогут думать так же, как человек, обнаруживает лишь непонимание процесса человеческого мышления», — без обиняков заявил недавно крупнейший физиолог У. Нейссер.

Быть может, физиологи внесут решающий вклад в понимание мышления? Может быть, нейронные ансамбли, изученные ими, послужат основой для создания совсем иных машин, и эти мозгоподобные машины исполнят гармоническую музыку мысли?

Двадцать лет назад мои вопросы не звучали бы столь осторожно; тогда Ф. Розенблат предложил свои

заманчивые «персептроны», тогда газета «Нью-Йоркер» поместила статью об одном из «персептронов», назвав ее коротко и грозно — «Соперник».

Где он теперь, этот соперник человека? Отчего не отведено ему центральное место в нашей книге? Оттого, что не оправдал ожиданий — делал быстрые успехи, учился, предсказывал, а потом застопорился в почтительном отдалении от интеллекта.

В попытках понять одну из самых таинственных способностей человеческого мышления, способность к предсказанию, физиологи пошли другими путями. Способность к предсказанию тесно связана с тем, как человек накапливает опыт, как запоминает факты, как обобщает и преобразует их в своей памяти.

Герберт фон Ферстер, современный специалист в области биологического моделирования, придумал два небольших автомата — АЛЬФУ и ОМЕГУ; его воображаемые автоматы имели музыкальный слух. То, что случилось дальше, ярко описал сам изобретатель, которому я передаю слово. «Как-то вечером я беру их с собой в концертный зал, где все мы слушаем в великолепном исполнении несколько «больших концертов» Торелли. Вернувшись домой, я прошу АЛЬФУ — нажимая соответствующие кнопки — сказать мне, что мы слушали. К моему удивлению, она отвечает на мой вопрос, проигрывая для меня концерты Торелли от начала до конца в том виде, как мы их слышали, не пропустив даже неприятного кашля того, кто сидел на два ряда сзади меня.

Я обращаюсь с тем же вопросом к ОМЕГЕ. Помолчав немного, она отвечает мне с сильным немецким акцентом: «Это были большие концерты итальянского композитора добаховского периода, возможно Корелли или Скарлатти».

Для не посвященного в тонкости создания автоматов ясно, что ОМЕГА не попала в точку. Она не только не угадала композитора — им был, как мы знаем, Торелли, — но и не могла воспроизвести ни звука.

Несмотря на эти недостатки, я уверен, что мы будем гораздо более поражены ответом ОМЕГИ, чем ответом прозаической АЛЬФЫ. И вот возникает вопрос: чем можно объяснить предпочтение, оказываемое нами ОМЕГЕ, учитывая очевидное ее несовершенство?»

Вопрос Г. Ферстера адресован и к вам, читатель: почему мы предпочитаем ОМЕГУ?

Видимо, потому, что она способна к глубокому обобщению. Она не механически запоминает музыку, а выделяет ее особенности, сопоставляет эти особенности со свойствами других известных ей музыкальных произведений, нащупывает черты музыкального стиля, а следовательно, имя композитора.

ОМЕГА производит свои преобразования быстро, успевает за музыкантами даже в неистовом скерцо. Обобщение совершается от прошлого к будущему; «прошлым» здесь является отзвучавшая часть мелодии, а «будущим» — имя композитора.

ОМЕГА занята индуктивным выводом. Она — и в этом изюминка ОМЕГИ — хранит в своей памяти не только прогноз, но и схему пути, по которому шла к обобщению (словами Г. Ферстера, она «удерживает вычислительные операторы»).

Сохраняя схемы обобщений, ОМЕГА способна в любой момент восстановить по ним частности, вернуться к деталям, и это резко увеличивает ее индуктивную силу; ошибочный прогноз не остается в памяти монументом самому себе, а может быть исправлен: не Скарлатти и не Корелли, тогда Торелли.

Что до АЛЬФЫ, то ее безошибочность никак не связана с мышлением, а только с качеством изготовления магнитофона.

Г. Ферстер выдумал АЛЬФУ и ОМЕГУ просто как забавные аллегории, чтобы намекнуть на смутные пока особенности индуктивного вывода. От этих буколических аллегорий до компьютерных программ — пропасть, и нам предстоит одолеть эту пропасть.

За прошедшие двадцать лет многого добились лингвисты. Может, они, давно полюбившие вычислительные машины и нашедшие с ними общий язык, решат дело?

Опять навряд ли. Лингвисты, к сожалению, часто заменяют то, что происходит в мозгу человека, тем, что происходит у него во рту.

Тогда, может, инженеры? Они идут в страну Искинта по двум дорогам — верхней и нижней. По верхней дороге двигаются создатели ЛЮБОЗАРа и их последователи. В наши дни конструируется около десятка «решателей любых задач». Подобно Ф. Достоевскому, сказавшему о русских писателях «Все мы вышли из гоголев-

ской «Шинели», путники с верхней дороги должны по справедливости объявить, что все они вышли из ЛЮБОЗАРа.

Трудна и опасна верхняя дорога. Чем более общим является метод решения, тем чаще он спотыкается на особенных, присущих только данной задаче, камнях и колдобинах. И все же многие мастерят универсала, полиглота, всезнайку. Ладят его и в Швеции, и в нашей стране, и в Англии.

Спустимся теперь на нижнюю дорогу. У инженеров, идущих по ней, меньше претензий. Они изобретают не вообще, а в частности, они делают узкий, практический, отраслевой Искинт.

Мы уже встречались со многими путниками с нижней дороги — ДУНЯ их типичная представительница. У нее, заметим, кстати, есть итальянский брат ЛУИДЖИ — мастер омлетов и спагетти, и американская сестра ИРА — очень деловая молодая женщина, у которой всегда туго со временем и которая составляет поэтому расписания личных встреч, занятий, прогулок, свиданий. Позвольте добавить в пеструю дорожную компанию одного солидного мужчину. Его зовут Эвристический Дендрал.

Серьезные обстоятельства заставляют автора вывести эту скучную личность на страницы книги. Начнем с имени. Он — Дендрал, значит, тесно связан с деревьями, а автор явно неравнодушен к деревьям. Эвристический Дендрал сделан группой американских специалистов во главе с Э. Фейгенбаумом и занят очень существенной работой — молекулярной химией.

Короче говоря, Дендрал обнаруживает подлинный вид (пространственную структуру) молекул. Химики испытывают органическое вещество с помощью масс-спектрометра и сообщают Дендралу данные испытаний, добавляя к ним химическую формулу вещества. Дендрал в ответ рисует молекулу в пространстве (иногда 2—3 варианта молекулы).

Если вы, читатель, подобно автору, далеки от органической химии, то естественной вашей реакцией будут слова: «Только и всего?» Если же вы химик, то — автор проверял это на нескольких химиках — вы удивитесь: «Не может быть!»

Дело в том, что Эвристический Дендрал выполняет

очень квалифицированную научную работу и справляется с ней часто лучше опытных людей.

Ядро Дендрала — это умелец, способный построить самые разнообразные структуры, он больше архитектор, чем химик; из химии он черпает только валентности; в остальном он воздвигает симметричные, уравновешенные, прихотливые воздушные замки.

Эвристический Дендрал обладает всеми чертами, которые свойственны подлинным строителям воздушных замков. Он владеет богатым, я бы сказал, исчерпывающим, воображением — способен воспроизвести все конфигурации молекул. Он бесспорный энтузиаст — неустанно порождает все новые и новые «замки». Он бескорыстен, вся его корысть в хорошем результате. И, конечно, он простодушен: на химические закорючки — никакого внимания, знай себе ищет и находит красоту.

Воображение, энтузиазм, бескорыстие и простодушие отдали Дендралу его разработчики — люди. Сказав так, я сказал и правду и неправду. Ибо отдать можно только то, что имеешь, а в начале изобретения программы участники работы — химики — слабо разбирались в том, как они сами выявляют «внешность» молекул. В начале работы им нечего было отдавать. Они смутно ориентировались в молекулярном мире и, естественно, часто ошибались; ошибки, однако, проходили незамеченными, так как лучше их в этом деле никто не разбирался. Под прессом требований вычислительной машины химики усовершенствовали свой способ рассуждений, попросили помощи у топологов-математиков, и в итоге изобрели новый способ отыскания формы молекул.

Этот только что изобретенный способ был отдан Эвристическому Дендралу и стал стимулятором быстрого роста дерева гипотез.

После выращивания дерева настает время отсечения лишних ветвей; Дендрал исправно рубит ветки, используя эвристики масс-спектроскопии (эвристики тоже отданы Дендралу людьми-химиками, но здесь люди отдавали то, что имели изначала).

Вот как изобрели Эвристический Дендрал, и вот отчего он такой крупный специалист. Козьма Прутков давно заметил, что «специалист подобен флюсу — полнота его односторонняя».

В компании, путешествующей по нижней дороге, все

специалисты. Низовики справедливо гордятся пользой, которую они приносят, работая по специальности, но, кроме того, надеются втайне, что их подход пригодится не только в частности, но и вообще, что они дадут еще сто очков форы надменным вояжерам с верхней дороги. «В практических делах, — рассуждают они, — накопится мало-помалу опыт, обозначатся лучшие приемы, соберется комплект инструментов, в деловом горне приемы и инструменты сплавятся воедино — и возникнет Практический Интеллект, не Логик-Теоретик, а Работник-Практик, толковый такой мужик, даром что железный». Инженеры Искинта — очень своеобразные инженеры. Нет у них ни цилиндров, ни швеллеров, ни тяг, ни валов, ни подшипников, ни смазки. Одни абстракции; бумажные полоски с дырочками — перфокарты — единственно реальная вещь.

Тем не менее инженеры Искинта — подлинные инженеры, и делают они обычную инженерную работу: строят интеллектуальные машины.

Внешне компьютер несколько лет остается неизменным — это БЭСМ—6 или ЕС—40. Но внутренне машина неузнаваемо меняется всякий раз, когда инженер интеллекта вводит в него свою колоду перфокарт. Американцы употребляют в вычислительном деле два коренных словечка: hardware и software; первое можно перевести как «скобяные товары», а второе — как «ветошь».

Сама вычислительная машина — твердый, неизменный скобяной товар, а ее программа — мягкая, послушная ветошь.

«Скобяные товары и ветошь» — гласила вывеска на старинных москательных магазинах; ту же вывеску уместно поместить у входа в современный вычислительный центр.

Любопытно, что соотношение «скобяных товаров» и «ветоши» все время меняется в пользу «ветоши». В наши дни на разработку металла вычислительных машин тратится 40 процентов усилий, а на разработку программ — 60. В ближайшие годы это неравенство усилится, достигнув 30 и 70 процентов соответственно.

Специалисты по Искинту — это ветошники. Обидно звучит? Вы предпочитаете возвышенные титулы? Тогда зовите их «артификальными интеллигентами». Для тех, кто протаскивает в русский язык слова вроде «интер-

фейс», «билистинг» и «резидентный монитор», для тех, кто меряет глубину науки англозвучащей белибердой терминов, для них «артификальные интеллигенты» — здорово закручено.

Мы предпочитаем говорить проще. Инженеры Искинта изготовляют, сортируют, укладывают и продают населению «ветошь» — более или менее разумные программы.

Они не ждут, пока возникнет общая теория машинного интеллекта, и напоминают этим инженеров, подаривших людям паровую и электрическую машины. Там возникали монстры, и здесь они появляются время от времени. Там кристаллизовались, конденсировались сто́ящие идеи, и здесь происходит то же самое.

Эмоции и индуктивный вывод — две неотложные заботы Искинта. А третья забота — гармония, соразмерность частей.

Что важнее для искусственного разума — знания или умения? Еще Демокрит говорил: «Дело не в полноте знаний, а в полноте разумения». Коли так, главное — приемы вывода, главное — эвристики.

С Демокритом, однако, решительно не был согласен наш соотечественник, великий педагог К. Ушинский, который писал: «Ум есть не что иное, как хорошо организованная система знаний». Получается, что главное внимание нужно уделять семантическим сетям, сценариям, планам.

Где же правда? Для Искинта поиски этой правды не любомудрие, а неотложная потребность. Мало знаний — впустую крутятся эвристики, много знаний — не сыщешь нужной подробности. Набираешься знаний — растешь, как снежный ком, не копишь знаний — кому ты нужен, «немогузнайка»?

И с приемами вывода та же карусель. Мало приемов — интеллектуальная немочь, много приемов — пресыщение: все-то можно решить, затруднение в выборе подходящего приема.

Гармония частей обязательна не только по оси «знания — умения», но и по оси «сознательное — подсознательное». Человек ясно осознает меньшую часть своей умственной работы, большая часть ее происходит в потемках подсознания, о ней мы, как правило, и не догадываемся. Например, много ли мы знаем об очистке нашей памяти от хлама, о том огромном процессе преоб-

разования понятий, который происходит невидимо и неслышимо в нашем мозгу?

У изобретателей есть выражение «ежа под череп запустить»; это значит заинтересовать кого-то проблемой, внести беспокойство в его ум. Человек с «ежом под черепом» внешне не отличается от других людей: ходит на работу, обедает, читает газеты, а «еж» в его подсознании неустанно шевелится, ищет выход не из житейских затруднений, изобретает. Изобретатель спит, а «еж» не спит. И решение приходит, оно всплывает из подсознания в сознание неожиданно, внезапно, как озарение.

Часть интеллектуальной работы Искинта тоже хорошо бы поручить его подсознанию. Подсознание, «еж» неспокойный, станет решать внутренние проблемы Искинта: выявлять сходства и различия, устанавливать новые связи, находить правила.

Если не удается разгрызть сложную проблему на сознательном уровне, Искинт погрузит ее в свое подсознание. Там, в невидимом граде Китеже, непокорная проблема преобразится.

Стройте больше машин, инженеры интеллекта! Испытывайте их! Отдавайте в промышленность! Не беда, если принцип машины неполный — он и такой может принести практическую пользу. Чем больше машин, тем больше возможностей для сравнения, для выбора, для совершенствования конструкции.

А общие законы? Что ж, теоретики их отыщут рано или поздно. Появится в Искинте и свой Сади Карно и свой Джеймс Максвелл. Ритмичный ход или пробуксовывание мысли действующих машин послужит отправным пунктом для их теорий.

Непривычно, что интеллектуальная машина не громыхает балансиром, не искрит в коллекторе, а тихо себе лежит стопкой перфокарт. Ничего, она еще себя покажет! Она еще изменит и жизнь, и обычаи людей! Полные энтузиазма и веры в будущее, инженеры говорят: «Дайте нам только средства, и наши машины превзойдут разумом человека столь же легко, как раньше они превзошли его физические силы!»

Не шапкозакидательство ли их речи? Психологи сомневаются, математики собираются, физиологи, лингвисты и философы оглядываются, а эти — инженеры Ис-

кинта — смело берутся за дело. Да кто они, в конце концов, такие, откуда взялись, как осмелились?

А они обыкновенные и простые. Обыкновенные кибернетики и простые математики, обыкновенные психологи и простые физиологи, обыкновенные лингвисты и простые философы. Они обыкновенные и простые, но объединенные в одну команду.

В научно-исследовательском институте нет такого подразделения — команда; там есть группы, лаборатории, отделы. Однако слово «команда» точнее и глубже передает смысл нового единства, своеобразного научного сплава, который возникает при творческой разработке систем Искинта.

Люди разных, резко отличающихся друг от друга специальностей работают вместе, сопоставляя свои знания, стыкуя знания, обмениваясь знаниями. Они пытаются понять точки зрения друг друга и навести мосты от одной точки зрения к другой. Они восстанавливают единство, разорванное специализацией.

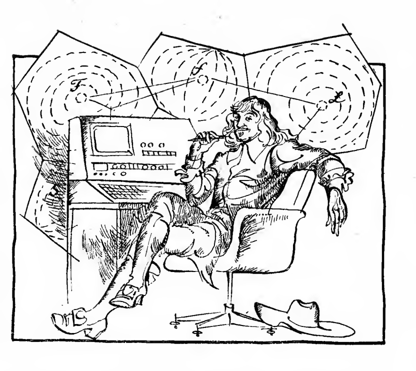
Природа не делится на факультеты, как университет, природа едина. И мышление едино. Команда возрождает единство, не теряя глубины понимания отдельных граней человеческой мысли.

Это изнурительная и радостная работа. Она преобразует не только дело, но и самих людей. Команда превращается в своеобразный организм, который имеет общие идеалы и общее дыхание, который ведет коллективную игру, гибко меняя стратегию и тактику, часто перестраиваясь на ходу, который силен неожиданными проходами защитников к воротам и надежными действиями нападающих в защите.

Самых разнообразных специалистов, сыгравшихся в одной команде, верящих в своего капитана и в его замысел, неустанно идущих по верхней или нижней дороге, мы называем инженерами Искинта.

Как, по-вашему, стал бы работать в команде инженеров Искинта Р. Декарт? Всю жизнь он избегал суеты, стремился к уединенной работе. Но, смею предположить, взаимодействие в научной команде оказалось бы для него несравненно лучше одиночества.

По праву «генератора идей» Р. Декарт занял бы место капитана команды. Дружеская, открытая для резких дискуссий и мягких увещеваний обстановка в команде стимулировала бы и мысль и чувства ученого.



Р. Декарт не очень много читал — он предпочитал беседы; командные книгочии приносили бы ему свой книжный улов, отбросив, конечно, мелочь, выбрав только достойные факты.

Р. Декарт любил производить опыты; в команде обычно идет сразу несколько экспериментов — и с людьми и с машинами. Декарт мог бы внести в каждый из них дух непримиримого стремления к истине.

Р. Декарт рвался к конструированию машин; в команде для этого открывается широкий простор: хочешь — делай Искинт на больших интегральных схемах, хочешь — на вихрях тонкой материи.

Р. Декарт часто до полудня лежал или сидел в постели, обдумывая свои идеи. Команда не нарушила бы его привычек; режим работы у членов команды свободный, важно лишь быть пунктуальным в договоренных встречах да поспевать в запланированное время в вычислительный центр. Он скорее всего выбрал бы вечерние часы — в машинном зале малолюдно, можно вволю

повозиться с программой, основанной на «Правилах для руководства ума».

У Р. Декарта, утверждают благожелательные современники, был нелегкий, въедливый характер. Капитан с таким характером — возможно ли?

Прежде чем ответить на этот вопрос, задайте себе другой: вы, вы лично пошли бы в команду с Р. Декартом? Что для вас главное — покладистость капитана или могучий свет разума? К какой дружбе в команде вы стремитесь — на почве взаимных послаблений или на основе взаимной требовательности?

Если вы выбираете разум и требовательность, то вы выбираете капитаном Р. Декарта, и это отличный выбор: с друзьями он был непринужден, остроумен, весел, ясен.

Сегодняшний Искинт еще младенец. Но его ожидает большое будущее. Думаю, что 1978 год для Искинта подобен 1938 году для ядерной физики. Еще в силе запреты на цепную реакцию, но все больше фактов, подтверждающих ее возможность. Масса добытых сведений растет. Вот-вот она превысит критическую массу. Вот-вот котелок начнет варить.

Конечно, это не произойдет само собой. Для этого люди, работающие в области Искинта, обязаны отдать ему лучшие свои качества — озарение, интуицию, талант.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выкладывай, что приберег!
Рассказывай, что там в итоге,
Медлительность — это порок.
Стоять на пороге,
И хватит.

Я. Смеляков

В этом, XX веке вычислительную машину ждет огромная интеллектуальная работа. Группа экспертов сделала в 1974 году осторожный прогноз развития искусственного разума на 40 лет, то есть до 2014 года. Полистаем страницы этого прогноза.

1980 год. Появятся интеллектуальные промышленные роботы — сборщики на конвейерах, кладовщики, строители домов и монтажники платформ для добычи нефти в открытом море. Славные ребята, работяги, общающиеся с человеком только на языке команд и рапортов.

1982 год. Нас ждет автомат для медицинского диагноза. Собственно, здесь речь о большом семействе «медицинских работников»: о машинах широкого профиля — для общей оценки нашего состояния и обнаружения недомоганий, и об узких специалистах — компьютерах, ведущих уточняющий диагноз внутри уже определенной группы болезней. Советский кибернетик И. Полетаев указывает на «сверхчеловеческую интуицию» машинных врачей, связанную с полнотой и тщательностью проверки ими всех возможностей.

Ко многим из этих врачей придется ходить в поликлиники и больницы, но часть из них станет нашими домашними врачами. Для консультаций с ними сгодится экран телевизора и телефонный аппарат.

1985 год. Еще один крупный успех в области медицины. На прием к врачу явится безропотный больной — «биологическая модель личности». Этой модели врач передаст реальные показатели больного человека, равно как и свои предполагаемые назначения. Если поведение мнимого больного не понравится врачу (слишком консервативным или смелым лечением он может даже уморить своего пациента), то врач изменит приемы лечения. Поработав вволю с программой-симулянтом,

врач выберет для настоящего больного лучшие лекарства, процедуры, режим. «Биологической моделью личности» усиленно занимается в нашей стране академик Н. Амосов.

1986 год. Искусственный разум сдаст все экзамены на архитектора. Термин «архитектор» я выбрал из многих родственных слов: проектировщик, конструктор, дизайнер, архитектор. Нелегкие эти специальности имеют в основе много общего. Искинт овладеет требованиями технической красоты и целесообразности, познает тяготы технических ограничений, вникнет в искусство сочетания типового и индивидуального, постигнет церемониал архитектурного дела: от утверждения технико-экономического доклада, через проектное задание и технический проект к рабочим чертежам, к тысячам синек — вот где простор компьютерным графопостроителям!

1988 год. Искинт станет школьным учителем и вузовским доцентом. Он превратит обучение в подлинно индивидуальный процесс: стратегия и тактика передачи знаний станут прямо зависеть от особенностей каждого человека, будут направлены на возбуждение его живого интереса, на мобилизацию его способностей; каждому ученику и студенту будет уделяться столько времени и внимания, сколько ему требуется. Искусственный разум готов пойти и в домашние учителя — сети связи, основанные на космических спутниках, помогут ему попасть к каждому ученику на дом, как только ученик этого пожелает. Телевизор и клавиатура станут местом встречи человека с машиной, средствами учебного диалога.

1990 год. Освоена профессия управляющего. Искинт постигает деловой мир в тончайших его проявлениях. Он приобретает деловую интуицию и деловую хватку. Достаточно настроить его на должность, и он превращается в плановика-экономиста, снабженца, диспетчера, регулировщика движения, руководителя отрасли, даже в Главначпупса. Работы по автоматизированным системам управления, которые отнимают у нас столько сил сегодня, находят в Искинте-управляющем высшее свое воплощение.

1992 год. Книгу, которую я надеюсь написать в год своего шестидесятилетия, отпечатает автоматическая машинистка. Точнее говоря, я продиктую Искинту свою книгу. К тому времени он научится распознавать человеческую речь и станет безупречно грамотен. Я уже не

говорю о такой малости, как аккуратное расположение текста: поля, абзацы, размещение таблиц — это компьютер умеет и сейчас. За автора автоматическая машинистка книгу сочинять не возьмется, но найти и проверить цитаты, статистические данные, формулы, названия трудов почтенных коллег — подобная работа органически входит в ее обязанности.

1995 год. В конференц-зале установлена машина, синхронно переводящая с языка на язык; в издательстве — ее родная сестра, переводчица не речей, а статей и книг.

В связи с предсказанием о появлении на пороге нового века компьютерного перевода автору вспоминается другой прогноз, тоже весьма компетентный, но сделанный десятилетием раньше. Те эксперты в то время предсказывали, что автоматический перевод поспеет к 1974 году. В 1974-м пришлось переносить срок, да не на десять, а сразу более чем на двадцать лет.

Прогнозы делаются, а мир проявляет упрямую неаддитивность. С одной стороны, на пути к автоматическому переводу открылись огромные внутренние трудности, и лингвисты отошли на время от компьютеров, чтобы усовершенствовать свою теорию. С другой стороны, общество не так уж рвалось к автоматическому переводу с языка на язык, обходилось по старинке. Мировой штат переводчиков составляет сейчас более полумиллиона человек; эти толмачи худо-бедно справляются с делом и не торопятся оказаться безработными.

Любой прогноз исходит из определенной оценки внутренней трудности проблемы и из оценки общественной потребности в ее решении. Сдвиг в том или в другом нарушает сроки, а то и вовсе превращает прогноз в пустую мечту.

Направления развития Искинта, о которых шла здесь речь, не защищены от слоновой болезни «быстро растущих трудностей», не застрахованы от охлаждения к ним общественного интереса. Ученые, работающие в Искинте, верят в высокую вероятность этих прогнозов, надеются, что отклонения от них (в том числе и от нового срока рождения автоматического переводчика) будут небольшими.

Кто в бороне, а кто в стороне. Которые в стороне, злорадствуют, случается, по поводу отсроченных прогно-

зов. Чтобы их успокоить, сообщим самое для них приятное предсказание.

2000 год. К услугам людей, имеющих избыток свободного времени, появится автоматический друг-приятель. Сей развлекательный Искинт готов играть с ними в любые игры — в подкидного, в домино, в шахматы, в специально изобретенные, новые, увлекательные, дразнящие, головоломные игры.

Не стоит отмахиваться высокомерно от такого друга-приятеля. Мы вправе выбрать себе забаву по мерке и по вкусу, можно попросить его научить нас новой игре, а уж сражаться он будет яростно и без обмана.

Автору, например, нравится изобретенная сравнительно недавно игра «Жизнь». На многоклеточной доске возникают подвижные конфигурации из фишек, напоминающие то колонии простейших организмов, то очертания домов будущего. Чем смотреть скучные телевизионные передачи, я с удовольствием играл бы на том же экране в «Жизнь» с Искинтом.

Возникают, конечно, опасения, что дружба с компьютером приведет к разъединению людей. Но кто мешает нам играть в семейные и коллективные игры? И кто понуждает проводить свой досуг только в играх с Искинтом?

2014 год. В нашем доме начнет хозяйничать автоматический домашний слуга — и повар, и убиральщик, и няня для детей. Подлинный Балда, говорящий на естественном языке, находчивый и ловкий. Получается, что за неполные сорок лет Искинт явится в нашу семью в четырех обличьях — врача, учителя, приятеля и слуги.

Они постучатся в двери именно в этой странной последовательности. Казалось бы, врача или учителя труднее создать, чем слугу, а выходит — легче. Не прост практический интеллект. Работы по Искинту кладут край заблуждениям, идущим еще от древнегреческой науки с ее культом теоретической мысли и презрением к практическим делам. Заурядным философом быть значительно проще, чем хорошим домашним работником.

В развитии Искинта, в многообразных его применениях слышна могучая поступь научно-технической революции, которая происходит во всем мире, но происходит по-разному.

В странах капитализма интеллектуальные машины не несут трудящимся облегчения от безработицы, ин-

фляции, внутренней неуверенности. Сегодня в США процент безработных программистов существенно выше среднего уровня безработицы. Медицинские, архитектурные, учительские, сервисные блага делятся там сегодня неравномерно и несправедливо. Бескорыстная помощь Искинта не может изменить общественного неравенства. Плоды науки, как это не раз уже случалось, достаются в основном богатым и власть имущим.

Более того, Искинт как управляющий оказывается в капиталистическом обществе прямым врагом трудящихся, поскольку он направлен на бессовестную эксплуатацию их рук и ума.

Выступая на XXV съезде КПСС, Л. И. Брежнев подчеркнул, что «только в условиях социализма научно-техническая революция обретает верное, отвечающее интересам человека и общества направление. В свою очередь, только на основе ускоренного развития науки и техники могут быть решены конечные задачи революции социальной — построено коммунистическое общество».

В нашей стране от Искинта требуется не просто увеличение производительности труда, но одновременно и обязательно — помощь во всемерном проявлении творческих сил и способностей личности. Не погоня за максимальной прибылью, а стремление к гармоническому развитию человека лежит в основе нашего подхода к искусственному разуму. Союз философов и естествоиспытателей, завещанный Лениным, должен превратить труд каждого человека в одухотворенный и радостный процесс.

Подлинное объединение интеллектуальных ресурсов человечества, включая естественный и искусственный интеллекты, возможно лишь в обществе, свободном от частной собственности с ее ограничениями на создание научных и художественных ценностей. Поэтому есть все основания надеяться, что практический Искинт, по силе и глубине не уступающий человеческому мышлению, будет разработан в нашей стране в первые десятилетия XXI века. Академик В. Глушков смотрит на прогресс искусственного разума еще более оптимистично.

Он предполагает, что равносильный человеческому Искинт будет присутствовать на новогоднем празднике в 2000 году. За его предсказанием стоит тщательно разработанный план, стоит мощный Институт киберне-

тики, стоит целая плеяда энтузиастов Искинта, объединенных в украинском Совете по искусственному интеллекту.

Противостоит мнению В. Глушкова категорическое суждение американского математика Х. Дрейфуса: «Искусственный интеллект не возникнет ни в 2000-м, ни в 3000-м году, ни вообще когда-либо». Х. Дрейфус приводит два довода, подкрепляющих его пессимизм. Первый из них касается восприятия машин и живых людей. Простейшие организмы гораздо лучше распознают образы, чем самые сложные машины. Замедление в развитии машинного распознавания, по мнению Х. Дрейфуса, не обычная запинка, а ступор, окаменение, предел.

Второй довод Х. Дрейфуса связан с перебором вариантов в комбинаторных задачах. Комбинаторные задачи, например «Ханойская башня», до определенного уровня сложности ведут себя вполне пристойно: растет сложность задачи и пропорционально ей возрастает число переборов. Но просматривается некий предел, некая грань сложности, за которой пропорциональность исчезает. После этой грани небольшое усложнение задачи ведет к резкому (в математических терминах: экспоненциальному и даже гиперэкспоненциальному) росту числа переборов. В их стремительно набирающем силу вихре потонет любая вычислительная машина.

Вывод Х. Дрейфуса: отдельные функции интеллекта можно воспроизвести в вычислительной машине, за мышление в целом и браться не стоит. Заключение американского математика тайно льстит каждому из нас. Вот какие мы мудреные, на мякине нас не проведешь и в компьютере не воссоздашь! Математик, он зря болтать не станет, он с помощью экспоненты доказывает.

Однако, черт подери, кто нам велит связываться с этой экспонентой? Нельзя ли обойти ее, крутую и непреклонную, стороной? Древние люди, когда охотились на мамонта, разве лезли на рожон?

Нет, они сперва рыли яму на тропе к водопою, маскировали ловушку, а потом гнали крупного зверя, пока тот сам не сваливался в западню.

Нужно изобрести западню для больших комбинаторных проблем. Именно этим занимается творческая группа специалистов в Институте кибернетики АН УССР во главе с В. Глушковым и Ю. Капитоновой. Сила мате-

матиков в изобретательности, а не в почтении к сложности.

Что касается Х. Дрейфуса, невольно вспоминается случай, который произошел с ним в 1967 году. В то время он, называя специалистов по Искинту алхимиками, сомневался, что ЭВМ когда-нибудь сможет обыграть человека-любителя в шахматы. Ему была дана возможность сыграть с американской шахматной программой, и азартный Дрейфус проиграл.

Вы чувствуете, должно быть, что автор этой книги скорее антидрейфусар, чем дрейфусар. Но это «на уровне эмоций».

«Уровень эмоций» чреват ошибками. В 1959 году знакомые нам Г. Саймон и А. Ньюэлл обещали, что через 10 лет машина станет чемпионом по шахматам. Увы, не стала.

В 1968 году Д. Мичи обнадеживал, что разносторонности компьютера и способности его к обобщениям, равных тем, которые «мы требуем от наших коллег», не придется ждать долгие годы. Десять лет прошло, а мы все еще ждем.

В 1976 году молодые советские ученые Э. Попов и Г. Фирдман в солидной монографии провозгласили «золотой век искусственного интеллекта» и сообщили, что «сейчас главной отличительной чертой роботов должен быть разум, не уступающий разуму человека». Сейчас! Не уступающий!

Однако эмоциями комбинаторные проблемы не перешибешь. И на испуг проблемы распознавания образов не возьмешь. На математические возражения нужен математический ответ.

Сегодня такого ответа Х. Дрейфусу нет. Автор верит, что ответом станет быстрое развитие математики смыслов. В комбинаторных задачах многие комбинации элементов бессмысленны; будущее исчисление позволит вынести их за скобки. В распознавании образов главное — цельная картина: грядущее исчисление вооружит нас операциями стягивания, под действием которых хаос элементов сольется в осмысленное изображение.

В 2000 ли году, или в 2050-м, но настанет время серьезной проверки способностей Искинта. Порядок такой проверки предложил еще в 1950 году английский математик Алан Тьюринг.

Пусть ваш собеседник находится в другой комнате,

за стеной. Вы его не видите, но связаны с ним переговорным устройством. Вам разрешено задавать ему любые вопросы, он обязан отвечать. Сумеете ли вы в таких условиях выяснить, кто там за стеной: человек или машина?

Полагаю, вы ответите: «Сумею! Я ему такие вопросы придумаю, что он не вывернется и вскроет свое машинное нутро. А если за стеной человек, то, думаю, человек не обидится, поймет, почему я так строг. С человеком мы поладим».

Давайте вообразим ваш диалог с собеседником за стеной. Вы начинаете игру.

— Привет, машина! Как поживаешь?

И слышите в ответ:

— Живу неплохо. А вот у Вас, вероятно, неудачи.

— С чего ты взяла?

— Ну, с незнакомым на «ты» объясняетесь, меня «машиной» обзываете. Я не больше машина, чем вы.

— Скажите, пожалуйста, сколько будет 5+3?

— Восемь.

— А если сюда прибавить еще 4?

— Двенадцать. Мне кажется, вы считаете свои расходы на проезд до Института кибернетики...

— Не понимаю.

— Сначала на метро ехали за 5 копеек, потом на трамвае за 3, а затем на троллейбусе — еще 4 копейки.

— Нет, я на своей машине добирался. Это я для примера. Будьте любезны, скажите, пожалуйста, любите ли вы Брамса?

— Предпочитаю Тухманова.

— Я слушал новый тухмановский диск. «По волне моей памяти», мне тоже понравилось. Вы имеете в виду эту пластинку?

— Нет, предыдущую. А точнее, песню «Жил-был я» на стихи Кирсанова. Удивительная вещь.

— Кто вы по специальности?

— Так, служащий.

— Точнее!

— Химик я.

— Назовите мне формулу серной кислоты.

— H_2SO_4! А соляная кислота — HCl. Кстати, не приходилось ли вам заниматься высокополимерными пленками?

— Нет.

— Жаль, а то никак не разберусь тут с выбором катализатора. Но простите, отвлекся. Я вас слушаю внимательно.

— В каком году Наполеон победил при Ватерлоо?

— Насколько я знаю, при Ватерлоо Наполеон потерпел поражение. Было это, дай бог памяти, в 1814 году. Или в 1815-м.

— Наполеон посеял лен, когда поляки пели соловьями.

— Ах, прелестная скороговорка, связанная с Наполеоном и с поляками только созвучием... Признаюсь вам, я люблю скороговорки.

— Вы женаты?

— Да, уже четыре года.

— Дети есть?

— Понимаете, мы хотим сначала получить квартиру...

— Кооператив строите?

— Нет, на государственную надеемся, может, даже в этом году.

— Чего вы добиваетесь в жизни?

— Спросите что-нибудь полегче.

— Кто победит в первенстве страны по футболу?

— Тут вообще вопроса нет. Конечно, киевское «Динамо».

— Я читал, что футболист на поле в момент передачи мяча перерабатывает больше информации, чем академик на научном семинаре. Это правда?

— Не знаю. Академик, бывает, на семинаре спит, а футболисту на поле нужно быстро соображать. Но считать информацию я не берусь.

— Процессор заедает или магнитные диски обломались?

— Если это шутка, то довольно грубая.

— Кто такой Тьюринг?

— Тьюринг? Слышал такую фамилию... Книга вроде есть «Анти-Тьюринг».

— Там Дюринг, а не Тьюринг.

— Сдаюсь, неудачно пошутил. Я как-то в газете прочел действительно остроумную шутку на научную тему. Она сообщала якобы новости социологии: «Проводя анкетное обследование на текстильном комбинате № 8, ученые обнаружили, что дням рождения всех работаю-

щих соответствуют числа, заключенные в интервале от 1 до 31»...

Здесь собеседник начинает смеяться все веселее, все радостнее и, уже задыхаясь от смеха, заканчивает:

— Правда, комично? Наукообразие-то каково!

Вам остается только тоже рассмеяться. Собеседник «в курсе дела», бесполезно пытать его дальше, он легко прошел сквозь тест Тьюринга. Вы обязаны признать его человеком.

Обязаны признать. Вы задавали совсем не простые вопросы: и про жизнь, и про специальность, и про спорт, и про искусство, и про историю. Он, ваш собеседник, всякий раз отвечал уместно — не слишком научно, но и не глупо.

Вы попробовали поймать его на лингвистических фокусах — он не поддался. Вы решили проверить его чувство юмора — и здесь собеседник за стеной оказался на уровне.

Он был вежлив, контактен, даже мил.

Приходится признать его человеком.

Но душа ваша с этим не смиряется. Вы находитесь в конце повести об Искинте и отлично понимаете, что усовершенствованный Искинт тоже ответит на все вопросы. Усовершенствованный Искинт станет неотличимым от человека.

Круг моделирования мышления замкнется.

Когда это случится? Интересно знать мнение А. Тьюринга, изобретателя теста.

В 1950-м Тьюринг называл 2000 год. В 2000 году «шансы среднего человека установить присутствие машины через пять минут после того, как он начнет задавать вопросы, не поднимутся выше 70 процентов».

Обратите внимание, как осторожен А. Тьюринг. В качестве судьи у него взят «средний человек», а не опытный проверяльщик. Срок диалога ограничен 5 минутами. Вероятность разоблачения машины при этом высока.

Представьте себе, что вопросы задает специально подготовленный исследователь и что диалог с собеседником длится час. Сколько шансов тогда у Тьюрингова Искинта на то, чтобы остаться неузнанным?

Знаменитая работа А. Тьюринга «Может ли машина мыслить?» сочетала оптимизм с осторожностью. Последователи, воспроизводя «тест Тьюринга» в сотнях книг

и статей, огрубили идеи английского математика. Оптимизм постоянно рос, а осторожность утрачивалась.

Кто сейчас вспоминает о том, что в этой же работе А. Тьюринг заявил: для полноценного Искинта достаточно быстродействия машины, равного 50 тысячам сложений в секунду?

Сегодня мы знаем, что необходимы миллионы операций в секунду. Но осознаем ли мы неслучайность промаха А. Тьюринга? В 50-м он не мог предвидеть подлинную сложность программ понимания естественного языка и программ умозаключений.

Каких подводных камней не замечаем сегодня мы?

Давайте будем деятельны и предусмотрительны. Давайте не пугать неизведанное — мол, эвристиками закидаем! — а идти вперед, шаг за шагом и год за годом.

Могучее развитие Искинта вызывает не только восторги, но и опасения. Не являются ли исследования в этой области наукой «о ликвидации человечества»?

Ученые, создав модель мышления человека, не остановятся на достигнутом. Они выйдут из магического круга, искусственный разум станет быстро совершенствоваться и оставит человеческий ум далеко позади себя. Так случится рано или поздно, но случится обязательно.

Как же тогда человек? Ему уготована второстепенная роль «смазчика» интеллектуальных машин?

Сегодня есть ученые, которые говорят: такая постановка вопроса в корне неверна. Нет оснований противопоставлять людей и машины, надо объединять их, надо добиваться сотрудничества, симбиоза под главенством человека.

Автор рад согласиться с учеными-соглашателями. Но, как всякого живого человека, его гложет червь сомнения. Буду работать в сотрудничестве с машиной, буду ею руководить, только заслуженно ли?

Кто умнее — она или я? Чей интеллект растет быстрее — машинный или людской?

Есть у Я. Смелякова глубокое стихотворение, написанное еще в докибернетические времена. Вот оно.

Тоньше и тоньше становятся чувства,
Их уж не пять, а шесть,
Но человек уже хочет другого —
Лучше того, что есть.
Знать о причинах, которые скрыты,

Тайные ведать пути —
Этому чувству шестому на смену,
Чувство седьмое, расти!
Определить это чувство седьмое
Каждый по-своему прав.
Может быть, это простое уменье
Видеть грядущее въявь!

Человек меняется, а создавая интеллектуальные машины, он меняется во сто крат быстрее. Мы совершенствуем свой интеллект на трудной дороге к Искинту.

СОДЕРЖАНИЕ

Чачко А. Г.

Ч-28 Искусственный разум. М., «Мол. гвардия», 1978. — 224 с. с ил. — (Эврика).

В книге рассказывается об одном из самых дерзких замыслов человечества — создании искусственного интеллекта. Вмешательство интеллектуальных машин в дела людей резко ускорит научно-технический прогресс. К 2000 году эти машины почти полностью заменят людей на конвейерах массовых производств; они будут сборщиками автомобилей и телевизоров, тракторов и холодильников, самолетов и часов и многого другого. XXV съезд КПСС назвал это направление научно-технического прогресса среди немногих, «играющих особую роль в десятой пятилетке и определяющих перспективы долгосрочного развития экономики».

32.816
6Ф0.1

Ч $\frac{70302-185}{078(02)-78}$ 051—78

ИБ № 1183

Алексей Григорьевич Чачко

ИСКУССТВЕННЫЙ РАЗУМ

Редактор **В. Федченко**
Художники **Г. Бойко, И. Шалито**
Художественный редактор **А. Косаргин**
Технический редактор **Ю. Шабынина**
Корректоры **В. Авдеева, Е. Самолетова**

Сдано в набор 24/I 1978 г. Подписано к печати 30/VI 1978 г. А06178. Формат 84×108 1/32. Бумага № 1. Печ. л. 7 (усл. 11,76). Уч.-изд. л. 12,0. Тираж 100 000 экз. Цена 55 коп. Т. П. 1978 г. № 51. Заказ 212.

Типография ордена Трудового Красного Знамени издательства ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия». Адрес издательства и типографии: 103030, Москва, К-30, Сущевская, 21.

55 коп.

МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ

МОСКВА, 1978

АЛЕКСЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ ЧАЧКО

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник Киевского института автоматики, начал свою научную карьеру у пульта управления электростанцией дежурным инженером. Трансформаторы электростанции явились для него исходным пунктом, начиная с которого он прошел немалый путь к трансформационным грамматикам. Сохраняя верность электростанциям (трансформаторы), он все больше внимания уделяет интеллектуальному диалогу человека и компьютера и его языку (трансформационные грамматики).

Опубликовав две монографии и более сотни специальных статей, А. Чачко решился испытать свои силы в жанре научной популяризации. Первая такая его книга «Человек за пультом» увидела свет в 1974 году. Вторая попытка — перед вами, читатель.